Natural Resources Canada
Ressources naturelles Canada

CANMET

Mining and
Mineral Sciences
Laboratories

AN OVERVIEW

1996 • 1998

Canada

100-03232/

Natural Resources Canada
Ressources naturelles Canada

CANMET

Mining and
Mineral Sciences
Laboratories

AN OVERVIEW

1996 • 1998

Canada

© Minister of Public Works and Government Services Canada – 1998

Additional copies of this publication are available at no charge from:

Mining and Mineral Sciences Laboratories
Mineral Technology Branch - CANMET
Minerals and Metals Sector
Natural Resources Canada
555 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0G1

Fax: (613) 947-1200

Cette publication est aussi disponible en français sous le titre
Laboratoires des mines et des sciences minérales,
Vue d'ensemble, 1996–1998

TABLE OF CONTENTS

Director's Message 2
Pertinent Statistics and Performance Indicators 3
MMSL Program Structure and Organization 3
Metals and the Environment Program 4
Acidic Drainage and Effluents Program 5
Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program 8
Mine Decommissioning and Rehabilitation Program 9
Metallurgical Processing Program 10
Canadian Certified Reference Materials Project 13
Ground Control Program 14
Underground Mine Environment Program 16
Mine Mechanization and Automation Program 18
Mine Fill Support Systems Program 20
Coal Mining Health and Safety Program 21
Scientific Publications 23

DIRECTOR'S MESSAGE

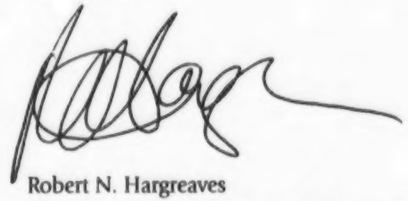
The period 1996/98 was a busy one for the Mining and Mineral Sciences Laboratories (MMSL), as we continued to provide support to government policy development through scientific input and pursue partnerships with Canadian companies to develop innovative technology.

Implementation of budget reductions announced in the 1995 federal budget resulted in further staff reductions, leaving MMSL with a total staff complement of 154 at the end of 1997/98. A related decision was also taken to relocate to Ottawa those staff remaining at the Elliot Lake, Ontario, facility and to offer the Elliot Lake building for sale to outside parties. The forward program planning of 1995 made provision for these reductions and adjustments, however, and no major changes in program structure or direction were made during the 1996/98 period.

Despite these staff reductions, MMSL increased its annual revenues from external sources to $4.4 million in 1996/97 and $4.7 million in 1997/98. More than 80 per cent of these revenues was received from Canadian companies in payment for R&D services provided. Several major new collaborative projects with industry were launched during the period, addressing areas as diverse as electro-hydraulic drill development, diesel emissions evaluation, electric pulse blasting, and the development of standard protocols for assessing the bioavailability of metal-containing materials in aqueous environments. Further, while the Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program came to an end in December 1997, a three-year extension (MEND 2000) was initiated to continue work in this area. In addition, the period saw a significant increase in MMSL's international activity both as an implementation partner for CIDA-funded technology transfer projects and in support of various international policy initiatives.

MMSL has made good progress toward International Organization for Standardization (ISO) certification. The analytical services activity and the certified reference materials production activity achieved certification to the ISO 9002 standard. Other groups within MMSL moved closer to certification under ISO Guide 25.

The need to measure the value of MMSL's activity to its clients and partners led us to conduct a survey of the impact of MMSL's work on its clients with the assistance of an independent consultant. The survey addressed 28 recent partnership projects. The value of benefits realized and validated by clients totalled $841 million, a gratifying return on the total $26-million R&D investment in these projects. In the future, MMSL staff will continue to seek out partnership projects with industry that will yield significant financial, environmental, and social benefits to our clients and partners.

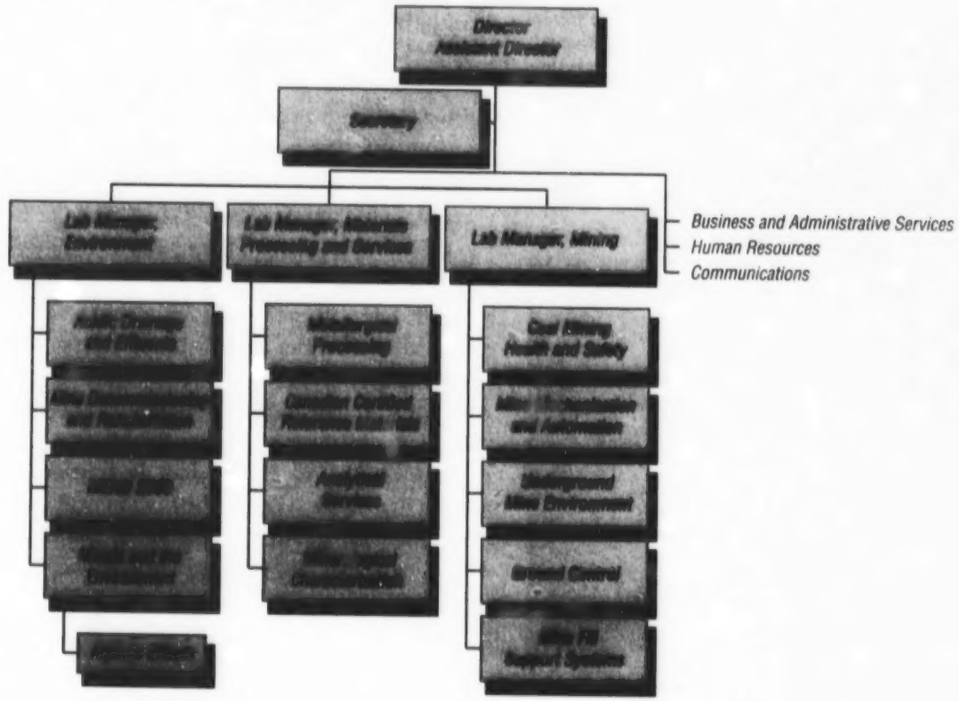


Robert N. Hargreaves
Mining and Mineral Sciences Laboratories

PERTINENT STATISTICS AND PERFORMANCE INDICATORS

	1995/96	1996/97	1997/98
Total Budget	**$20.8 million**	**$18.3 million**	**$17.8 million**
Staff Complement			
Indeterminate	182	164	142
Term	19	14	12
	201	**178**	**154**
Students: COOP	47	57	34
COSEP	8	8	2
	55	**65**	**36**
Performance Indicators			
External revenue	$4.3 million	$4.4 million	$4.7 million
External "in-kind" leverage of resources in joint project activities	$16.0 million	$8.6 million	$10.4 million
Scientific publications		(see page 23)	

MMSL PROGRAM STRUCTURE AND ORGANIZATION



METALS AND THE ENVIRONMENT PROGRAM

The Metals and the Environment Program focuses on providing scientific advice to support policy- and regulatory decision-making. The work involves industry, various levels of government and other stakeholders in technology development and methods evaluation. MMSL draws on expertise in the areas of extractive metallurgy, inorganic chemistry, environmental biology, toxicology and environmental management.

MMSL CONTRIBUTED KEY DATA TO ASSIST IN ACHIEVING CONSENSUS ON THE MOST APPROPRIATE TARGETS AND SCHEDULES FOR EMISSIONS MANAGEMENT.

MMSL participated in several multi-stakeholder consultation processes aimed at developing appropriate environmental control strategies. For example, the steel-making, metals finishing and nonferrous smelting sectors were the focus of extensive and comprehensive discussion on the nature, extent and significance of their emissions as part of the Strategic Options Process. This process was aimed at finding appropriate control measures for several inorganic substances declared toxic under the *Canadian Environmental Protection Act* (CEPA). MMSL contributed key data to assist in achieving consensus on the most appropriate targets and schedules for emissions management. Consensus has been captured in reports submitted to the ministers of Health and Environment for implementation.

Water quality measures in field monitoring studies

Aquatic Effects Technology

The Aquatic Effects Technology Evaluation Program (AETE) was established in 1994 to review appropriate technologies used in assessing the effects of mine effluents in receiving waters. The program is a joint industry–government program supported by The Mining Association of Canada, Natural Resources Canada (NRCan), Environment Canada, Indian and Northern Affairs Canada, Fisheries and Oceans Canada, and several provincial governments. During the 1996/98 period, work was carried out on the use of sub-lethal toxicity tests (including a literature review, laboratory screening of selected tools); detailed field investigations of selected biological monitoring tools (use of fish and benthic macro-invertebrates), as well as water and sediment monitoring; and a series of literature reviews focusing on selected monitoring tools. The field program comprised a series of preliminary surveys at seven mine sites in 1996 and full field investigations at four sites in 1997.

AQUAMIN

MMSL participated in AQUAMIN, the Environment Canada-led review of the federal Metal Mining Liquid Effluent Regulations (MMLERs). Considered successful by all participants, this process produced a consensus report (industry, governments, aboriginal associations and environmental non-governmental organizations) on the nature and extent of amendments needed to improve the regulations. MMSL is continuing to actively participate in the processes to draft the amended effluent limits and to design the environmental effects monitoring program. The results of the AETE program are being used extensively in this activity.

Biological monitoring in rivers

THE PROGRAM DEVELOPED NEW EXPERTISE IN TOXICOLOGY AND IS INVESTIGATING PROMISING AREAS FOR METALS UPTAKE BY PLANT BIOMASS AND THE USE OF PHYTOREMEDIATION (SITE CLEAN-UP USING GREEN PLANTS) AS AN APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR METAL UPTAKE AND REMOVAL FROM CONTAMINATED SITES.

Eco-Indicators

MMSL personnel investigated the use of Life Cycle Analysis as a tool in environmental decision-making. MMSL organized and led an international workshop on the use of eco-indicators in product and material selection. Over 90 attendees from a wide range of commodity groups, manufacturing sectors, universities and governments participated, paving the way for more detailed investigations of specific modelling tools and approaches used in the selection of materials for products.

Toxicology

The program developed new expertise in toxicology and is investigating promising areas for metals uptake by plant biomass and the use of phytoremediation (site clean-up using green plants) as an appropriate technology for metal uptake and removal from contaminated sites. Further program development and staffing in the toxicology area is anticipated during 1998/99.

Work progressed well on the development of a protocol to measure the rate and extent of the transformation of metals into bioavailable forms for the purposes of hazard identification. Work funded by The Mining Association of Canada, the International Council on Metals and the Environment, Inco and the Nickel Producers' Environmental Research Association (NiPERA) allowed MMSL to conduct collaborative research with the Metals Working Group of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). This group is investigating the technical issues underpinning the need for and approach toward a protocol and is seeking to develop appropriate criteria and procedures for identifying hazards posed by metals and metal compounds in the aquatic environment.

ACIDIC DRAINAGE AND EFFLUENTS PROGRAM

The Acidic Drainage and Effluents Program focuses on R&D related to the prevention and treatment of mine, mill and metallurgical effluents, and the handling of residues produced during treatment. Its projects include technical R&D at the bench and pilot scale and international technology transfer. The program also plays a gate-keeping role in biotechnology applied to mining. In partnership with the Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program, the acidic drainage and effluents group is also working to reduce the estimated close-out liability associated with acid drainage beyond the 10% already believed to have been achieved.

Field sampling of mine effluent sludge treatment

Treatment and Reduction of Acidic Drainage

The group has completed projects for both the MEND program and other programs specific to Canadian mining clients on the treatment of acidic drainage, including sludge characterization, long-term sludge stability and disposal, and treatment optimization. In one study, 17 lime treatment sludges from various Canadian mineral operations were fully characterized. The findings indicate that, in general, fresh acid mine drainage treatment sludges would not be classified as hazardous wastes based on current leaching protocols and regulated contaminant limits. Furthermore, as the sludges age, the potential for metal leaching is further reduced. A laboratory phase of this work examined the effect of process variables on sludge density and stability and found that modifications in plant operations can reduce metal mobility from sludge and sludge volumes.

MMSL has also been involved in projects to reduce the production of acidic drainage. One strategy that has been tested is the use of chemical compounds to inhibit the bacteria involved in these biological processes, thereby slowing the production of acidic drainage. In the past, researchers have used bactericidal compounds at low pH values in an attempt to inhibit the bacteria that are active after acidification has already started. In a new approach, MMSL is testing compounds that would inhibit neutrophilic thiobacilli, which are thought to be one of the initial successional events in the formation of acidic drainage. Initial laboratory scale studies showed that during a one-year period these compounds were able to reduce the generation of sulphate by up to 70% compared with control tests with no inhibitors. The effect of these compounds on pyrite and pyrrhotite oxidation and on various microbial populations is presently being assessed in a field study at a mine site. Depending upon the results of the study, future work could be directed toward optimizing application methods and field testing on waste rock.

The Thiosalts Consortium

The Thiosalts Consortium, a cost-shared initiative coordinated by MMSL, was established to address industry concerns relating to the presence of thiosalts produced in the milling of sulphide ores. Although thiosalts have a relatively low toxicity, they are oxidized by bacteria found in effluent treatment ponds and in receiving waters. This results in the production of sulphuric acid, which causes impairment to fish and other aquatic communities. The objectives of the consortium are to provide practical solutions to environmental problems relating to thiosalts; provide a forum for technology exchange and transfer; raise the awareness of the mining industry with respect to the impact of thiosalts; and identify the extent of thiosalts production worldwide.

Projects completed by the consortium include a review of thiosalts treatment technologies; a survey of Canadian and international sulphide ore processors; training workshops on standard methods for determining total thiosalts; and an inter-laboratory measurement testing program. Ongoing internal and external projects include the evaluation of effluent treatment processes and the characterization of thiosalts generation during the milling of sulphide ores.

Reducing the Environmental Impact of Iron Wastes

As part of a project to reduce the environmental impact of iron wastes, MMSL's researchers have been studying the thermodynamic parameters that control the formation of hematite. Iron is abundant and often closely associated with valuable metals in mineral deposits. It is invariably extracted during hydrometallurgical processing, and once in solution it interferes with the recovery of valuable metals and must be eliminated, most commonly by precipitation as jarosite or goethite.

These iron wastes have few potential uses, and their increasing volume and toxic leaching pose an environmental liability to the mining industry. Precipitating hematite (α- Fe_2O_3) represents a much better alternative for iron elimination from environmental and economic viewpoints. Hematite is compact, contains 66-69% Fe, has excellent settling characteristics, is easy to filter, and has potential uses in the steel-making, cement, ceramics and pigment industries. The main impediment to the widespread use of hematite precipitation has been the costly operation of autoclaves to reach the high temperature required in conventional technology (e.g. 180–200°C for 3 h under 18 atm O_2 pressure).

An important finding of MMSL's present work is that hematite can be produced at ambient pressure and below 100°C by carefully controlling the experimental conditions. MMSL is currently developing a process to produce hematite from chloride media, which could be applicable to steel-pickling solutions, chloride solutions arising from the treatment of electric arc furnace (EAF) dusts, and solutions from the ferric chloride leaching of metal sulphide concentrates. It has been found that the precipitated hematite does not significantly incorporate Zn, Ca or Na and that Cl contents are less than 1%.

Inhibition of acid mining drainage

Gate-Keeping Role in Biotechnology

As part of its gate-keeping role in biotechnology, MMSL has been involved in the renewal process for the National Biotechnology Strategy (NBS). The NBS, of which Natural Resources Canada was one of the initial signatories, was established in 1983 to promote the development of a new field called "biotechnology." In 1997, 18 federal departments and agencies, including representatives from NRCan, worked together to develop a new strategy, the Canadian Biotechnology Strategy. As part of this effort, MMSL led a working group on mining and energy and prepared a consultation document that outlines the use of biotechnology in these sectors, barriers for its further use and methods to overcome these barriers. This document will serve as a guide for the development of biotechnology through the Canadian Biotechnology Strategy, which is to be in place by 1999/2000.

AS PART OF A PROJECT TO REDUCE THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF IRON WASTES, MMSL'S RESEARCHERS HAVE BEEN STUDYING THE THERMODYNAMIC PARAMETERS THAT CONTROL THE FORMATION OF HEMATITE.

MINE ENVIRONMENT NEUTRAL DRAINAGE (MEND) PROGRAM

The Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program has completed nine years of technology development for prediction, prevention, control and treatment of acidic drainage from mine wastes and openings. During 1996 and 1997, the last two years of the program, most of the effort was concentrated on managing ongoing projects, reviewing the results and significantly expanding technology transfer activities.

REAL PROGRESS HAS BEEN MADE. IT IS NOW RECOGNIZED THAT THERE IS A COMMON UNDERSTANDING IN THE INDUSTRY REGARDING PREDICTION TECHNOLOGIES; THAT WATER IS THE KEY ELEMENT IN PREVENTING ACIDIC DRAINAGE; AND THAT GUIDELINES FOR VARIOUS TECHNOLOGIES ARE AVAILABLE.

Real progress has been made. It is now recognized that there is a common understanding in the industry regarding prediction technologies; that water is the key element in preventing acidic drainage; and that guidelines for various technologies are available. A MEND Internet site (http://mend2000.nrcan.gc.ca) has been created for online retrieval of annual reports and summaries of MEND documents and other related information. Workshops based on MEND project areas were presented at ten locations across Canada in 1996 and 1997. These technology transfer workshops, which were presented free of charge, have been an outstanding success, with attendance at each ranging from 50 to 100 individuals. Forty MEND reports and workshop notes were published in 1996 and 1997, bringing the total number of reports currently available to over 140. A MEND manual is in preparation and will be available at the end of the current fiscal year.

MEND compost

At the request of the MEND Board of Directors, an evaluation of the program was completed in 1996. Nine issues, ranging from reducing liabilities, to influencing the image and credibility of the mining industry as regards the environment, to transferring technology, were presented and discussed. The evaluation confirmed that MEND is responsible for reducing liability by at least $400 million (*MEND Report* 5.9, available from the Secretariat). This reduction represents approximately 10% of the $2 to $5 billion total estimated environmental liability associated with acidic drainage in Canada. This is an impressive return on an investment of $17.5 million over nine years.

Reduced Liability

1997 was the final year for MEND and to celebrate the success of this cooperative program the Fourth International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD) was held in Vancouver in June. A total of 649 delegates from 24 countries attended, 118 papers were presented, and 31 booths were reserved at the trade show. Eight short courses, organized by the MEND Secretariat, were held prior to the conference. Of the 670 people registered for the various short courses, 361 (54%) were from outside of Canada. Post-conference tours to the Britannia, Sullivan, Equity Silver and Westmin mines were also very well attended. Personnel from the MEND Secretariat were instrumental in ensuring the success of this conference. The following quote received at ICARD is of note:

> "MEND has focussed the acidic drainage effort, so that now we have a whole series of good options in our toolbox. Without you guys, we would be all over the place."

MEND 2000

Although MEND came to an end on December 31, 1997, the MEND partners concluded that additional cooperative work was needed to further reduce the acidic drainage liability and to confirm field results of MEND-developed technologies. A new three-year post-MEND initiative, MEND 2000, emphasizing technology transfer in Canada, was accepted and commenced in January 1998. Funding for the MEND 2000 Secretariat is shared by Natural Resources Canada and The Mining Association of Canada.

Tailing rehabilitation

MINE DECOMMISSIONING AND REHABILITATION PROGRAM

The Mine Decommissioning and Rehabilitation Program focuses on finding solutions to environmental challenges facing the mining industry upon mine closure. The program draws on expertise in mineral leaching characteristics, hydro chemistry, mineralogy, and nuclear and chemical analyses.

Laboratory Studies

Laboratory studies of underwater deposition of mine waste from Sudbury nickel operations have shown promising results. Oxygen ingress to the tailings interstitial waters appears to be limited to within the first 10 cm. In addition, secondary organic or diffusion barriers consume or attenuate the dissolved oxygen within these covers, preventing or significantly reducing oxygen ingress into the mine waste. To strengthen these and other observations and to further evaluate the long-term oxygen-limiting capabilities of water cover and secondary barriers, the study will be extended to the end of 1998.

In addition to studies on oxygen ingress and metal fluxes, tailings samples and available secondary barrier materials are being tested for their potential to resuspend under various water-depth and wave-energy scenarios. To minimize resuspension of waste material deposited subaqueously, particle size, water depth, wind speed and fetch must be considered.

THE MINE DECOMMISSIONING AND REHABILITATION PROGRAM FOCUSES ON FINDING SOLUTIONS TO ENVIRONMENTAL CHALLENGES FACING THE MINING INDUSTRY UPON MINE CLOSURE.

Long-term column and aquarium tests assessing mineral leaching and contaminant fluxes from uranium mine waste have also been completed. During 1997, the materials subjected to these tests were frozen and sampled and are now being analyzed for mineralogical, chemical and bacterial characteristics. The materials post-mortem is expected to underline leaching results observed over the past years.

Site Assessments

Site assessments for the Stanrock Tailings Management Area (TMA) in Elliot Lake, Ontario, and the Lower William's Lake Tailings Basin in Marathon, Ontario, were initiated in late 1996 and continued through 1997. The principal objective of the first site survey was to assess the current

THROUGH THE NORTHERN ONTARIO DEVELOPMENT AGREEMENT (NODA), A COMPREHENSIVE, MULTI-DISCIPLINARY DATABASE HAS BEEN DEVELOPED AND SITE-SPECIFIC DATA COLLECTED FOR TAILING SITES AND WASTE ROCK PILES IN NORTHERN ONTARIO.

status of oxidation, water quality, and chemical and mineralogical alterations prior to site restoration and decommissioning. The second site survey was carried out to better define the tailings basin characteristics and the positive impact of the wetland that developed on the remediated site. The understanding of the factors that contributed to a successful rehabilitation plan may now be applied to the predicted impact at other, similar sites.

Analytical Tools

Through the Northern Ontario Development Agreement (NODA), a comprehensive, multi-disciplinary database has been developed and site-specific data collected for tailing sites and waste rock piles in northern Ontario. The long-term objective remains the development of an analytical tool to allow the industry to better plan mine site decommissioning. The framework and modules for the database were completed in early 1997. Entry of publicly available physical and chemical data for more than 100 sites is ongoing, while chemical and mineralogical analyses of collected samples from representative sites continues, with an expected completion date of October 1998.

In 1998/99, the Elliot Lake Laboratory will close, which will allow the Mine Decommissioning and Rehabilitation Program to amalgamate its expertise within the Environment Laboratory in Ottawa.

METALLURGICAL PROCESSING PROGRAM

1996/97 and 1997/98 were active years for the Metallurgical Processing Program. After a successful crystal growth experiment in outer space, activities in the area of ceramics were transferred to the Materials Technology Laboratories and merged with the Advanced Materials program. The program maintained its activities in mineral processing, hydrometallurgy, recycling and applied mineralogy.

Ceramics

In a successful experiment on board the space shuttle *Endeavor*, crystals of bismuth germanate oxide (BGO) were grown in a float zone furnace. This was the final accomplishment in a series of projects with the Canadian Space Agency over a five-year period. The objective of the study was to confirm that crystals grown in space could be larger and more uniform than those grown in full gravity. BGO belongs to a family of photorefractive materials that offers tremendous opportunities in the field of optics. To add a Canadian note to this project, the ampoules used for the crystal growth experiments of the other team members (from Canada, the United States and Germany) were all prepared at CANMET, and the mission specialist who ran the experiments in space was Canadian astronaut Marc Garneau.

Gold Leaching

The consortium studying the use of lead nitrate and oxygen in gold cyanidation increased its membership to six companies and one academic institution, Université Laval. The project continued with the same basic structure as the previous year: for each new member, a fundamental study of the mechanisms of cyanidation was performed, followed by a series of controlled cyanidation tests on an ore sample supplied by the participant. To date, fundamental work has focused on electrochemistry (anodic and cathodic reactions on pure gold samples, with and without sulphides)

and surface analysis (X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) analysis of minerals from the cyanidation of a synthetic ore composed of silica and gold, with a sulphide mineral — pyrite, pyrrhotite or chalcopyrite). Consortium members held two meetings in 1998 to present the results of the work and share their operating experiences. The consortium was quoted twice in a survey of R&D needs as an example of an effective multi-participant project.

Dr. Guy Deschênes completed a successful 10-week secondment at the AJ Parker Cooperative Centre for Hydrometallurgy in Australia, where he had the opportunity to work on thiosulphate leaching, give presentations on CANMET, discuss gold R&D in Australia and visit local gold mills.

Base Metal Hydrometallurgy

CANMET has been coordinating the preparation of two analytical manuals: one on copper electrolytes and one on copper anodes. These manuals will be distributed in 1999. Two anode reference materials are also being prepared. One has undergone homogeneity testing and is scheduled for round robin testing for certification in the fall of 1998. The other awaits homogeneity testing. Once this testing is complete, they will be available for distribution.

The program has continued working with its partners on leaching studies and on the characterization of anodes and anode slimes to assess and evaluate impurity deportment. Work on nickel-based batteries was completed in 1997/98. In addition to developing a new methodology for measuring impedance in cyclic charge-discharge tests, MMSL characterized the electrodes using the new variable-pressure scanning electron microscope (VP-SEM). This new technology allowed MMSL to perform the characterization and return the electrodes to the batteries for additional charge-discharge cycles.

THE CONSORTIUM STUDYING THE USE OF LEAD NITRATE AND OXYGEN IN GOLD CYANIDATION INCREASED ITS MEMBERSHIP TO SIX COMPANIES AND ONE ACADEMIC INSTITUTION, UNIVERSITÉ LAVAL.

Growing pure crystal in micro-gravity

Mineral Processing

CANMET is working with Quebec's Centre de recherche minérale (CRM) to develop an integrated software package for process control. The detailed design of the package is complete and programming is now underway. The project, funded by the Quebec Mineral Development Agreement, is on schedule to deliver the first prototype in December 1998. CANMET is also participating in the funding of the Knowledge-Based Automatic Control (KBAC II) project, currently delivered out of Université Laval.

Activities in the area of sulphide flotation continued. Two projects, both involving piloting of the process at CANMET's facilities, were completed. In a new project, the first industrial application of the Enhanced Selective Flotation Process (ESFP) is expected to be in place during the next year. ESFP uses xanthates in combination with four inorganic depressants to improve copper-zinc selectivity. Parameters are optimized using statistical design. To ensure reproducible results, CANMET has developed automated and instrumented flotation equipment. Under a licence agreement, some of the components have been transferred to industry. In addition, CANMET is pursuing development of its frothless flotation cell, which improves the grade and recovery of the conventional units (cell or

Metallurgical pilot plant work

column). One client is currently working with MMSL to assess the amenability of its ore to flotation in the frothless column.

Applied Mineralogy

The Applied Mineralogy group commissioned a VP-SEM for use in characterizing humid samples with high carbon levels. Several potential applications for the VP-SEM have been conducted and others will be evaluated as time permits or as the opportunity arises.

The group developed a routine for its image analysis system for identifying silicate minerals, and work continued on developing methods to determine low level gold in arsenopyrite using secondary ion mass spectrometry.

In addition, several characterization projects were carried out for clients in the areas of liberation determination, visible and invisible gold characterization, diamond indicator minerals and X-ray diffraction. Standing offers (total value $140,000) for mineralogical characterization were signed with two major gold producers.

Program scientist Dr. L.J. Cabri was invited as the Keynote Speaker at the Centenary Symposium of the A.G. Bethekin, Moscow. His presentation was titled: "Micro-Analytical Techniques Are Useful in the Evaluation of Precious Metal Ores."

Recycling

The Recycling group continued work on the stabilization of wastes using low-temperature vitrification. Three different wastes have been processed using this technology: municipal solid waste, and mild and stainless steel electric arc furnace (EAF) dusts. Pilot tests were conducted on these wastes, and leachate tests were run on the resulting clinkers. Vitrification resulted in a product that passed leachate tests for metals in a majority of jurisdictions. The next steps will include formulating products with the stabilized clinkers and obtaining delisting of these products so they can be put back on the market.

The group continued to publish and distribute *R-Net*, its newsletter on recycling technologies, to over 3,000 people. CANMET partners with the Canadian Association of Recycling Industries (CARI) in the publication of *R-Net* to provide abstracts of technical papers on many aspects of recycling, with emphasis on metal scrap, mining and metallurgical wastes, automotive, construction and demolition, pulp and paper, and post-consumer scrap. A survey to determine readership satisfaction received numerous replies, all highly positive.

Technology Transfer Activities

In addition to producing publications, presentations and client reports, Metallurgical Processing Program staff were also involved in organizing conferences and symposia. The 29th and 30th Annual Meetings of the Canadian Mineral Processors, held in Ottawa, each attracted well over 300 participants. A symposium on the Control of Iron in Hydrometallurgy, also held in Ottawa, attracted 250 people. On the international front, a joint workshop on mining, mineral processing and recycling, co-organized with the European Community, was held in Lisbon.

Program staff also helped to organize the seventh international conference on recycling (in collaboration with the International Lead and Zinc Study Group), the 1998 Canada/EC workshop on mining, mineral processing and recycling, and the Lead-Zinc 2000 Conference.

CANMET continued its role as the coordinator of three industry technology discussion groups representing zinc processors, copper smelters and copper electrorefiners. These groups, which represent all Canadian and most American operators, meet twice a year at a different plant site to hold technical discussions on a selected topic. Such meetings are excellent vehicles for sharing operator experience.

CANADIAN CERTIFIED REFERENCE MATERIALS PROJECT

The role of the Canadian Certified Reference Materials Project (CCRMP) is to assist laboratories in assessing and improving the accuracy of analytical measurements and methods. This is achieved through the provision of certified and custom reference materials (RMs) and through the Proficiency Testing Program. RMs are available in the form of finely powdered materials, including soils, sediments, ores, concentrates, tailings, etc. In 1996/97 and 1997/98, the CCRMP sold approximately 2,800 and 3,200 units of over 100 different RMs, generating revenues of $545,000 and $622,000 respectively. Approximately half were sold outside Canada.

During the period, the CCRMP also completed the commissioning of a new facility for preparing small scale quantities of RMs. Furthermore, the CCRMP quality system was registered to ISO 9002 in March 1997 by the Quality Management Institute. Its scope was extended to include the Proficiency Testing Program in February 1998.

Certified reference materials

Certified Reference Materials

Efforts were made to replace popular RMs to ensure an ongoing supply of material. A copper concentrate, copper-molybdenum ore, zinc concentrate, gold ore and gabbro rock containing platinum group elements each advanced through the different stages of production leading to certification. The production of new materials continued with work on candidate materials for two copper anode RMs.

In 1996/97 and 1997/98, the CCRMP sold approximately 2,800 and 3,200 units of over 100 different RMs, generating revenues of $545,000 and $622,000 respectively. Approximately half were sold outside Canada.

Custom Reference Materials

To meet the growing demand for RMs that are not otherwise available, the CCRMP offers a custom preparation service in which a client's raw material is processed into a reference material according to established protocols. Clients benefit from the optimization of the matrix match of the standard to the samples being analyzed. At least one material was completed for each of a Canadian gold mining company, a Canadian base metal mining company and Environment Canada. Eight soils were processed for the proficiency testing program of a Canadian environmental association.

Proficiency Testing Program for Mineral Analysis Laboratories

At the request of the Mineral Analysis Working Group of the Testing Accreditation Subcommittee of the Standards Council of Canada (SCC), the CCRMP initiated the Proficiency Testing Program for the Mineral Analysis Laboratories. Two cycles of a set of four and six test samples, respectively, were analyzed by 42 international participants for gold, silver, copper, zinc, lead, nickel, cobalt, platinum and palladium. Analytical laboratories that are accredited or are seeking accreditation to ISO Guide 25 by the SCC are required to participate in the program.

GROUND CONTROL PROGRAM

The Ground Control Program provides research support for the Canadian mining industry on issues of ground stability. Its objective is to improve worker health and safety and improve long-term economic viability by reducing mining risks under conditions of highly stressed or weak rock masses. The program brings together experts and facilities in the areas of geomechanics, numerical modelling and rock dynamics (including induced seismicity), for application to the problems of mining extraction under challenging conditions. Research is conducted to quantify and understand the characteristics of stress distribution and transfer together with rock-mass behaviour characteristics under these conditions. This information is then applied to develop extraction sequences and evaluate alternative methods for optimizing both worker safety and economic return.

THE DEDICATED TEAMS WORKING IN THESE AREAS HAVE MADE SIGNIFICANT CONTRIBUTIONS TO THE TECHNOLOGIES AND HAVE PLAYED A LEADING ROLE IN THE TRANSFER OF TECHNOLOGY TO THE MINING COMMUNITY, INCLUDING INDIVIDUAL MINING COMPANIES, MINING ASSOCIATIONS, CONSULTANTS, EDUCATIONAL INSTITUTIONS AND INTERNATIONAL EXPERT BODIES.

The dedicated teams working in these areas have made significant contributions to the technologies and have played a leading role in the transfer of technology to the mining community, including individual mining companies, mining associations, consultants, educational institutions and international expert bodies. Workshops have been conducted and sessions chaired for such organizations as the CIM (Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum); NARMS (North American Rock Mechanics Society); and ESSSA (Eastern Section - Seismological Society of America). Program staff have also been active in supporting external projects such as MAP (Mine Automation Program) and industrial committees, including the Ground Control Committees of the Quebec Mining Association and the Ontario Natural Resources Safety Association.

Rock Dynamics Research

Microseismic research for rockburst control and operations support was implemented or continued at seven mines in Ontario, Quebec and New Brunswick. A project to combine the knowledge of microseismic activity with geomechanics principles

Seismic waveform analysis

to evaluate tests of de-stress blasting was successfully concluded. Development continued in the application of microseismic technology to early identification of stress-related failures at enhanced oil production sites. The technique has become an important operating tool, with eleven systems now in operation in Alberta. Technology transfer of the commercial aspects of CANMET's microseismic technology was completed through licensing to a private firm in British Columbia. The firm was successful in selling nine systems in Canada and the United States in the first ten months of the licence agreement.

Numerical Modelling Techniques

Recent developments in numerical modelling techniques will enable research in advanced applications to enhance sustainable mine development and improve the recovery of mineral reserves. The operator interfaces (pre- and post-processors) of the proprietary Rock3D code were completed. The program uses innovative processing techniques to solve models of over one million elements in less than 24 hours. This capability has made it feasible to evaluate alternative mining scenarios that will permit, for example, comparison of optimum extraction sequencing. Application of the block spring model (BSM) code was successfully demonstrated at open pit mining operations in British Columbia and Quebec, and development of a 3D version of the code has begun.

Rock Properties Testing Methodologies

The Bells Corners Laboratory, located in Nepean, Ontario, continued its work to develop improved rock properties testing methods and to refine methods for determining the thermal coefficient of expansion of rock, concrete and grouts. In addition, research continued for a method to determine theoretical values for the thermal poroelasticity properties of rock, with important implications for the long-term underground disposal of nuclear wastes. Major upgrading of the testing facilities was undertaken to permit digital control of the MTS testing equipment.

Inactive Mines Project

The Inactive Mines Project focuses on developing an understanding of the requirements and recommending standards for the retention of information about inactive mine sites. The objective is to permit the evaluation of risk potential and to facilitate emergency or remedial planning in the event of a failure. Development of 3D models of subsurface mine openings, prepared from historic documents related to present surface features and civil infrastructure, was completed for the priority sites in Ontario. Use of the inactive mines methodology and documentation protocols as part of mine site decommissioning was demonstrated and accepted.

Uniaxial compression test in the 10,000,000 lb MTS-815 machine

Deep Mining

A major direction of the Deep Mining Program continues to be the maximization of interaction and integration of expertise from the component disciplines. The goal is to increase the overall understanding of rock behaviour for better application to the practical problems of the mining industry. This is now being facilitated through delivery of the Core Project on Deep Mining. This project focuses on solving the problems of high stresses, seismicity, remoteness of workplaces, and degradation of rock strength under sustained loads, which could affect the new deep-mining developments in Canada. It also targets methods to optimize ore recovery and improve the use of fill to absorb strain energy from the rock mass, which will enhance the viability of deep-mining operations.

UNDERGROUND MINE ENVIRONMENT PROGRAM

The Underground Mine Environment Program supports the health and safety of mine workers by addressing such issues as air contaminant control and sampling, which directly affect the workplace environment. The program also influences mine regulation and the use of certified processes and equipment in mines. Its activities include ventilation control, management and automation; diesel emissions control and measurement; diesel engine certification; and non-destructive real-time wire rope testing. The program's ultimate goal is a healthier workplace for the Canadian miner and optimal cost-effectiveness in ventilation design for the mining industry.

THE POTENTIAL GAINS ASSOCIATED WITH THE AUTOMATION OF MINE VENTILATION NETWORKS INCLUDE REDUCING COSTS WHILE ENHANCING THE QUALITY OF THE WORK ENVIRONMENT.

Loading samples onto X-ray Diffractometer

Mine Ventilation Optimization and Automation

Mine ventilation automation is a major area of focus. The potential gains associated with the automation of mine ventilation networks include reducing costs while enhancing the quality of the work environment. Traditionally, air volumes in mines are dictated by the amount of diesel horsepower underground. The management of this fixed amount of air can often result in some areas being under- or over-ventilated. With the advent of mine-wide communication systems, it is now possible to use airflow and gas sensor technology, electronically controlled engines, vehicle tracking and ventilation control hardware to supply air to workplaces on an as-needed basis. The concept is gaining popularity, with work ongoing at many sites to incrementally prove the concept. The group is presently integrating 3D-CANVENT, its successful mine ventilation simulation software, with other computer control codes to pull these components together in a demonstration at MMSL's Experimental Mine in Val-d'Or, Quebec.

Incremental work is also under way in a gold mine in northwestern Quebec, where MMSL is managing a multi-year program that will allow the mine to extend production to greater depths while keeping ventilation costs well below normal expectations for the planned production requirements.

The group is also involved in the Mine Automation Program (MAP) consortium, whose ultimate goal is to completely automate a section of an underground operation. Program staff are addressing the impact of lower oxygen levels on the performance of remotely operated diesel equipment and the general effect of increased airborne contaminant loads under drastically reduced ventilation schemes.

Research and Standards for Diesel Emissions

Efforts devoted to diesel research and diesel engine certification have increased significantly since the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) proposed a 0.15 mg/m^3 occupational exposure limit in May 1995 for diesel particulate matter (DPM), a suspected human carcinogen. Adoption of these values as regulatory standards would cause many mines in Canada and the United States to be out of compliance.

Diesel engine certification addresses the implementation of Canadian standards for diesel equipment used in underground mines. These standards take into account DPM and gases produced by diesel engines when prescribing the required ventilation volumes to be used in the workplace. Cleaner engines require less ventilation to produce similar or enhanced air quality, which in turn encourages mine operators to equip their underground fleets with "cleaner" engines to reduce the costs associated with ventilation. MMSL's Bells Corners Laboratory is fully equipped for engine emission testing and certifies diesel engines to Canadian Standards Association (CSA) standards. A list of CSA-certified diesel engines is now available from MMSL.

Technology that can be used to reduce DPM exposure (filters, diesel oxidation catalysts and additives) will now be tested according to an agreed upon protocol named MAPTEST. The test, which was developed by a consortium of after-treatment specialists from industry and MMSL, will allow all technologies to be gauged according to the same protocol. Mine operators will then be in a position to determine the relative merits of the technologies and make a more informed decision based on DPM reduction efficiency.

Diesel Emissions Evaluation Program

The Diesel Emissions Evaluation Program (DEEP) was officially launched in early 1997. The goal of this project, valued at $1 million per year, is to lower the exposure of miners to DPM. DEEP stakeholders include major mining industry players, trade unions, regulators and MMSL. In addition to performing a secretariat function, MMSL is presently involved in two projects. The first is assessing the impact of using a bio-diesel fuel blend in an underground mine, and the second is evaluating several alternative methods for measuring the exposure of miners to DPM. A project dealing with the impact of light-duty vehicles on the diesel exhaust pollution load is currently being developed.

Wind tunnel

The Canadian Ad Hoc Diesel Conference, which is organized by MMSL, met in Toronto on October 22 and 23, 1997. The 141 delegates and speakers from North America and abroad met to discuss issues pertaining to diesel exhaust exposure and control in mines and to be updated on the DEEP program. This ever-growing conference is expected to take place in Toronto in 1999. MMSL's Don Dainty will organize and chair the event once again.

THE DIESEL EMISSIONS EVALUATION PROGRAM (DEEP) WAS OFFICIALLY LAUNCHED IN EARLY 1997. THE GOAL OF THIS PROJECT, VALUED AT $1 MILLION PER YEAR, IS TO LOWER THE EXPOSURE OF MINERS TO DPM. DEEP STAKEHOLDERS INCLUDE MAJOR MINING INDUSTRY PLAYERS, TRADE UNIONS, REGULATORS AND MMSL.

Wire Rope Testing

A collaborative project with industry is presently under way in northern Quebec to install and commission full-time, non-destructive testing of a skip wire rope. The project is unique in its scope and could result in a significant advance in wire rope testing in Canada and elsewhere. Other goals of this project include the development and promotion of a rope damage index to measure rope integrity and safety.

MINE MECHANIZATION AND AUTOMATION PROGRAM

The Mine Mechanization and Automation Program performs the research, development, adaptation and assessment of innovative mining technologies. The primary objective of the program is to work in close cooperation with the mining industry, equipment manufacturers, universities and other research and training organizations to improve the health and safety of mine workers, while increasing productivity.

The program benefits from the unique facilities of the Val-d'Or Experimental Mine, located in the heart of the vein-mining industry. These facilities are used for training mine workers and optimizing the performance of systems in development before they are installed in operating mines. A number of

CANMET remote-control water cannon

THE PROGRAM BENEFITS FROM THE UNIQUE FACILITIES OF THE VAL-D'OR EXPERIMENTAL MINE, LOCATED IN THE HEART OF THE VEIN-MINING INDUSTRY. THESE FACILITIES ARE USED FOR TRAINING MINE WORKERS AND OPTIMIZING THE PERFORMANCE OF SYSTEMS IN DEVELOPMENT BEFORE THEY ARE INSTALLED IN OPERATING MINES.

systems and equipment components were assessed and optimized in the mine's facilities in 1996/97 and 1997/98, while the Or-et-des-Bois School Board provided training for hundreds of mine workers.

Electro-hydrolification

A major component of the program focuses on the application of water-based energy in place of compressed-air energy in underground mines. While offering benefits such as simplicity, sturdiness and reliability, pneumatic equipment and accessories can be a significant source of noise, vibration, dust and oil mist. In addition, during peak periods, when most of the compressed-air equipment is in operation, the pressure in the pneumatic system can drop by about 25%, resulting in a decline in performance and accelerated wear of the mechanical components.

To solve these problems, the mining industry is currently looking at electro-hydraulic energy. Hydraulic drilling is considered a vital tool in this research project. During the period, electro-hydrolification activities centred around three main phases.

In the initial phase, a technical and economic pre-feasibility study on the conversion from pneumatic to hydraulic power demonstrated that the investment in drills would represent about 25% of the total cost of the electro-hydrolification of a typical operation, while 75% of the total cost would be required for the system itself, the replacement equipment and accessories, and for training workers.

ANOTHER MAJOR COMPONENT OF THE MINE MECHANIZATION AND AUTOMATION PROGRAM ADDRESSES THE REMOTE CONTROL AND AUTOMATION OF UNDERGROUND MINING EQUIPMENT, USED FOR WITHDRAWING WORKERS WHERE ENVIRONMENTS WOULD PRESENT A GREATER RISK TO THEIR HEALTH AND SAFETY.

The study also showed that the investment payback period would be about three years.

In the second phase, technical development and adaptation of a hydraulic portable water drill, the CANDRILL, continued in partnership with a South African manufacturer and the Canadian mining industry. The results so far tend to confirm the potential of the new technology in terms of performance, reliability and work environment. The project will continue in 1998/99, with the development of a drill tool adapted to the needs of Canadian mines, and with validation tests of the technology at the Val-d'Or Experimental Mine and in participating mines.

In the third phase, a comparative evaluation of two types of in-the-hole hammers, pneumatic and hydraulic, was carried out. In partnership with a Swedish manufacturer and a group of mining companies, this study analyzed performance, energy consumption, work environment and operating costs.

Remote Control and Automation

Another major component of the Mine Mechanization and Automation Program addresses the remote control and automation of underground mining equipment, used for withdrawing workers where environments would present a greater risk to their health and safety. During the period, activities in this area focused on three main subjects.

Hydrolification of a mine

First, hazards associated with recovery of broken ore deposits from shrinkage stopes led to the design and manufacture of a remote-control water cannon that moves along a wooden rail in the upper part of the stope. This equipment, which includes a camera, a water jet and a lighting system, ensures the total recovery of the broken ore from the stope without any human presence in the stope itself.

A second project focused on underground vision systems that allow increased use of remote-control methods. The project consisted of evaluating various vision systems in a non-ventilated environment, where the air opacity is relatively high. The results will be used to determine technology development needs to ensure efficient remote control of underground vision systems.

A third study involved designing and manufacturing an automated stope slushing system. The pre-design, realized in 1996/97, was the basis for initiating a project the following year for technology development and application in partnership with the mining industry and the Quebec Department of Natural Resources.

MINE FILL SUPPORT SYSTEMS PROGRAM

The Mine Fill Support Systems Program provides research on cost-effective methods for preparing, transporting and placing competent engineered backfills for active mine stability and rehabilitation. Competent backfills, such as paste and composite (waste rock/tailings) fills, offer an attractive long-term environmental solution to reactive tailings disposal, and provide effective physical support to reduce and/or minimize the effects of ground instabilities such as rockbursts in deep mines. The program also provides specialized quality-control testing and product development services for mine support materials, including shotcrete, resin grouts and backfill cementing agents.

DURING THE PERIOD, THE RESEARCH TEAM COMPLETED DEVELOPMENT OF A LOW-COST TOTAL TAILINGS PASTE BACKFILL PREPARATION TECHNOLOGY. THE TECHNOLOGY RELIES ON THE USE OF A HIGHER PERCENTAGE OF MILL TAILINGS (INCLUDING THE FINES AND SLIMES) FOR BACKFILLING PURPOSES, THEREBY REDUCING ENVIRONMENTAL CONCERNS AND COSTS ASSOCIATED WITH TAILINGS DISPOSAL AND REMEDIATION ON THE SURFACE.

Pilot paste fill — silo used for experimenting backfill in mines

During the period, the research team completed development of a low-cost total tailings paste backfill preparation technology. The technology relies on the use of a higher percentage of mill tailings (including the fines and slimes) for backfilling purposes, thereby reducing environmental concerns and costs associated with tailings disposal and remediation on the surface. Full-scale trials, conducted jointly with Westmin Resources Ltd. at its Myra Falls operations in British Columbia, have demonstrated that CANMET's fluidization process is not only cost effective but that it can also enhance paste backfill transportation and placement underground when compared with traditional preparation methods.

A recently commissioned test facility for backfill transportation at MMSL's Sudbury laboratory features a 300HP positive displacement pump connected to a well-instrumented closed circuit piping system.

In future initiatives, the group will investigate the use of composite materials to enhance the effectiveness of mine fill support systems. In parallel with their research efforts, program staff have pursued the commercialization of the paste backfill technology with an industry partner.

The group also provided backfill-related services to the Canadian mining industry, including characterization of tailings material, quality-control testing and development of mine fill support systems.

COAL MINING HEALTH AND SAFETY PROGRAM

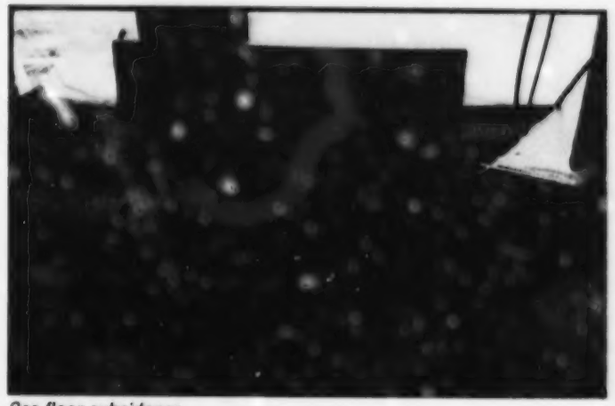
CANMET's Coal Mining Health and Safety Program (CMHS), formerly known as the Cape Breton Coal Research Laboratory (CBCRL), has carried out safety-related research in underground coal mining since 1981. The federal government's February 1995 budget identified CMHS for development into a financially self-sufficient operation, and a three-year action plan to achieve this commenced in April 1996.

During the fiscal year 1997/98, a progress review at the half-way point noted that performance was satisfactory in terms of both revenue generation and cost reduction for the first two years. Due to a reduction in research investment by the program's three major clients, however, it was becoming clear that this would not be sustainable in the long term and hence the overall goal would not be achieved. Attempts to expand the program's client base were also unsuccessful.

The decision was therefore made to close both CMHS and the CANMET operational base in Sydney, Nova Scotia, on March 31, 1998, making 1997/1998 CMHS's final year of operation. Discussions have now been initiated with CMHS stakeholders to explore the possibility of developing a smaller re-focused research program delivered from existing CANMET laboratories in Ontario and/or Quebec.

Highlights

In 1997/98, CMHS generated revenues of $422,000 ($460,000–$38,000 carried over from 1996/1997) against a revised target of $400,000. A number of major projects were completed, including a two-year project on longwall research and a four-year, cost-shared project on mine design. The joint mining research program with the Cape Breton Development Corporation (CBDC) in Nova Scotia also continued throughout the year. Its highlights included: quantification of performance of ventilation and methane control systems on retreat longwalls at Phalen Colliery; underground trials of new designs of geotechnical extensometers (both mechanical/electronic and single/multi-point types); evaluation of horizontal stress research in the Sydney Coalfield; and quantification of a relationship between face retreat rate and the magnitude of subsidence at Phalen Colliery.



Sea floor subsidence

IN 1997/98, CMHS GENERATED REVENUES OF $422,000 ($460,000–$38,000 CARRIED OVER FROM 1996/1997) AGAINST A REVISED TARGET OF $400,000. A NUMBER OF MAJOR PROJECTS WERE COMPLETED, INCLUDING A TWO-YEAR PROJECT ON LONGWALL RESEARCH AND A FOUR-YEAR, COST-SHARED PROJECT ON MINE DESIGN.

In addition, CMHS gave technical advice on topics such as sandstone gas/outbursts; sandstone weightings; smoke detector location in conveyor roads; and multi-entry layout design. At Prince Colliery, CMHS completed its refinement of the seafloor subsidence monitoring method, which had been developed with NRCan's Geological Survey of Canada (Atlantic group) in Dartmouth, Nova Scotia.

Methane control at Phalen mine

In other activities, the program hosted two seminars in Cape Breton on Australian experience with longwall weightings and on Phalen "sewergate" ventilation research findings; participated in CBDC's process improvement team on underground development drivage, a key factor in its corporate plan; completed input to CANMET's Energy Diversification Research Laboratory (EDRL) on potential use of the methane in mine return air at Phalen Colliery; and presented findings on methane emissions in private dwellings to the Environmental Data Gathering Options Group (EDGAR) of the Joint Action Group (JAG) of the Sydney Tar Ponds and Coke Ovens Clean-up Project.

Program staff also demonstrated CMHS datalogging instrumentation at the Eskay Creek gold mine in British Columbia; and gave three technical presentations at international conferences in the United States and Canada, and one presentation at an international workshop in Japan.

SCIENTIFIC PUBLICATIONS OF THE MINING AND MINERAL SCIENCES LABORATORIES 1996–1998

A. Environmental Laboratories

Évaluation en laboratoire de barrières sèches construites à partir de résidus miniers. Contracteur: École Polytechnique. Contrat TPSGC 23440-4-1510. Responsable scientifique: G.A. Tremblay. Mars 1996.

Geochemical Assessment of the Equity Silver Tailings Pnd. Contractor: Rescan Environmental Services. PWGSC Contact 23440-5-1140. Scientific Authority: G.A. Tremblay. August 1996.

Geochemical Assessment of Subaqueous Tailings Disposal in Anderson Lake, Manitoba: 1993-1995 Study Program. Contractor: Rescan Environmental Services; Contributions by Hudson Bay Mining & Smelting and University of British Columbia. PWGSC Contract Nos. 23440-3-9198, 23440-4-1134, and 23440-5-1122. Scientific Authority: G.A. Trembay. August 1996.

MEND Workshop Notes: Dry Covers Technologies for Acid Mine Drainage. Sudbury. April 15-16, 1996.

MEND Workshop Notes: Monitoring and Waste Management for Acid Mine Drainage. Saskatoon. June 10, 1996.

MEND Workshop Notes: The Prediction of Acid Rock Drainage. Vancouver. November 7-8, 1996.

MEND Workshop Notes: Water Covers to Prevent Acid Mine Drainage. Vancouver. September 1996.

MEND Newsletter. CANMET, NRCan, MEND Newsletter, Vol. 4, No. 1, Summer 1996.

Bulletin de NEDEM. Vol. 4, No. 1, été 1996.

Metal Transport and Immobilization at Mine Tailings Impoundments. Contractor: University of Waterloo. PWGSC Contract 23440-4-1263. Scientific Authority: R. Morrison. March 1997.

Peer Review of MEND Studies Conducted from 1990 to 1994 on Acidic Drainage at Mine Doyon South Waste Rock Dump. Contractor: Geocon. Contributions by Unité de Recherche et de Service en Technologie Minérale, Noranda Technology Center and SENES Consultants. PWGSC Contract No. 23440-4-1510. Scientific Authority: C.J. Weatherell. November 1996.

Review of Use of an Elevated Water Table as a Method to Control and Reduce Acidic Drainage from Tailings. PWGSC Contract 23440-4-1319. Scientific Authority: C.J. Weatherell. July 1996.

Revue technique des études réalisées par NEDEM de 1990 à 1994 sur le drainage minier acide de la halde sud de la mine Doyon. Contracteur: Geocon. Contributions de Unité de Recherche et de Service en Technologie Minéral, le Centre de Technologie Noranda et SENES Consultants. Contrat TPSGC 23440-4-1510. Responsable du projet scientifique: C.J. Weatherell. Novembre 1996.

Shallow Water Covers - Equity Silver: Base Information on Physical Variables. Contractor: Hay & Company Consultants Inc. PWGSC Contract 23440-5-1139. Scientific Authority: G.A. Tremblay. May 1996.

Skeaff, J.M. and Dubreuil, A.A. 1998. *Calculated Emission Factors of Trace Metals for Canadian Non-Ferrous Smelters.* In: Proceedings of the International Symposium on Metals and the Environment. Montreal, Quebec, Canada, May 5-6, 1998. J.M. Skeaff, ed., Metallurgical Society of CIM, Montreal (1998).

Skeaff, J.M. and Dubreuil, A.A. 1997. *Calculated 1993 Emission Factors of Trace Metals for Canadian Non-Ferrous Smelters.* Atmospheric Environment, 31 (10): 1449-1457.

Skeaff, J. and King, P. *Development Of Data on the Reaction Kinetics of Nickel Metal and Nickel Oxide in Aqueous Media for Hazard Identification.* Final Report: January 1998. Report No. MMSL 97-089 (CR)/ Contract No. 51590.

Skeaff, J. and King, P. *Development of a Protocol for Measuring the Rate and Extent of Transformations of Metals and Sparingly Soluble Metal Compounds in Aqueous Media. Phase I, Tasks 3 and 4: Study of pH and of Particle Size/Surface Area.* Final Report: December 1997. Report No. MMSL 97-071 (CR)/ Contract No. 51590.

Subaqueous Deposition of Tailings in the Strathcona Tailings Treatment System. Contractor: Lakefield Research Limited. PWGSC Contract No. 23440-5-1254. Scientific Authority: G.A. Tremblay. September 1996.

Tremblay, G.A. and Feasby, D.G. *Canada's Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program.* In: NEDEM 1996: Colloque sur le programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier. Vol. 2, 29-30 octobre, 1996, Rouyn-Noranda, Québec. pp 265-282.

Tremblay, G.A. *Dry Covers Technologies to Reduce Environmental Liability from Acid Generating Mine Wastes.* In: NEDEM 1996: Colloque sur le programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier. Vol. 1, 29-30 octobre, 1996, Rouyn-Noranda, Québec. pp 197-207.

Aquatic Effects Technology Evaluation (AETE) Program

1995 AETE Annual Technical Review. Presented by AETE Technical Committee in Ottawa, Ontario, November 1, 1995.

1997 AETE Annual Technical Review. Presented by AETE Technical Committee in Ottawa, Ontario, May 29, 1997.

1995 Field Evaluation of Aquatic Effects Monitoring Methods - Pilot Study. Contractor: Beak Consultants Ltd. AETE Project 4.1.1. Scientific Authority: K. Mailhiot. September 1996.

1996 Field Evaluation of Aquatic Effects Monitoring Methods - Field Survey Reports and Study Design. Contractor: EVS Environment Consultants, Ecological Services for Planning and Jacques Whitford Environment Ltd. AETE Project 4.1.2. Scientific Authority: L. Trudel. December 1996.

1997 Field Evaluation of Aquatic Effects Monitoring Methods. Contractor: BEAK International and Golder Associates Ltd. AETE Project 4.1.3. Scientific Authority: L. Trudel. September 1998.

Aquatic Effects Technology Evaluation - Synthesis Report on Monitoring Methods. Contractor: Ecological Services Group International. AETE Project 4.1.4. Scientific Authority: J. Papineau. September 1998.

Assessing Aquatic Ecosystems using Pore Waters and Sediment Chemistry. Contractor: G. Allen Burton, Wright State University. AETE Project 3.2.2. Scientific Authority: D. Campbell. September 1998.

Comparison of Results from Alternative Acute Toxicity Tests with Rainbow Trout for Selected Mine Effluents. Contractor: Pollutech Enviroquatics Ltd. AETE Project 1.1.4. Scientific Authority: D. Rodrigue. April 1996.

Cost-effective Protocols for the Collection, Filtration and Preservation of Surface Waters for Detection of Metals and Metalloids at ppb ($\mu g\ l^{-1}$) and ppt ($ng\ l^{-1}$) Levels. Phase I: Evaluation of Bottle Type, Bottle Cleaning, Filter and Preservation Technique. Author: Gwendy E.M. Hall, Geological Survey of Canada. AETE Project 3.1.3. April 1998.

Development of a Quality Assurance Program for Assessing Mine-related Effects Using Benthic Invertebrate Communities. Contractor: BEAK International Inc. AETE Project 2.1.4. Scientific Authority: L. Trudel. September 1998.

Laboratory Screening of Sublethal Toxicity Tests for Selected Mine Effluents. Contractor: B.A.R. Environmental Inc. AETE Project 1.2.2. Scientific Authority: D. Rodrigue. January 1997.

Literature Review on the Techniques of Sonar Profiling and Grid Sampling, Using a Grab Sampler for the Identification and Mapping of Lake Sediment Facies for Environmental Effects Monitoring. Contractor: Stephanie Phaneuf, Geological Survey of Canada. AETE Project 3.2.1. Scientific Authority: D. Rodrigue. August 1995.

Optimization of Field and Laboratory Methods for Benthic Invertebrate Biomonitoring. Contractor: Barry R. Taylor, Taylor Mazier Associates. AETE Project 2.1.2. Scientific Authority: L. Trudel. January 1997.

Review of Artificial Substrates for Benthos Sample Collection. Contractor: Golder Associates Ltd. AETE Project 2.1.1. Scientific Authority: K. Mailhiot. June 1995.

Review of Methods for Sublethal Aquatic Toxicity Tests Relevant to the Canadian Metal-Mining Industry. Contractor: Dr. John B. Sprague. AETE Project 1.2.1. Scientific Authority: D. Rodrigue. April 1997.

Technical Evaluation on Water Sampling Design and Data Analysis. Contractor: N.R. McQuaker. AETE Project 3.1.1. Scientific Authority: K. Mailhiot. August 1998.

Technical Evaluation on Water Quality and Biological Effects. Contractor: EVS Enviroment Consultants. AETE Project 3.1.2. Scientific Authority: K. Mailhiot. May 1997.

Technical Evaluation on Toxicity Identification Evaluation/Toxicity Reduction Evaluation and Related Factors. Contractor: E.S.G. International. AETE Project 1.2.5. Scientific Authority: J. Papineau. July 1998.

Technical Evaluation of Metallothionien as a Biomarker for the Mining Industry. Contrator: Yves Couillard, Ph.D. and Louise St-Cyr, Groupe de recherche interuniversitaire en limonologie et en environnement aquatique (GRIL). AETE Project 2.2.1. Scientific Authority: L. Trudel. February 1997.

Technical Evaluation on Methods for Benthic Invertebrate Data Analysis and Interpretation. Contractor: Barry R. Taylor, Taylor Mazier Associates and Robert C. Bailey, University of Western Ontario. AETE Project 2.1.3. Scientific Authority: L. Trudel. June 1997.

Technical Evaluation on Monitoring Methods Using Macrophyte, Phytoplankton and Periphyton to Assess Impact of Mine Effluents on the Aquatic Environment. Contractor: Louise St-Cyr, Antonella Cattaneo, Raynald Chassé, Christian G.J. Fraikin. AETE Project 2.3.2. Scientific Authority: K. Mailhiot. Novembre 1997.

Technical Evaluation on Fish Methods in Environmental Monitoring for the Mining Industry in Canada. Contactor: EVS Environment Consultants. AETE Project 2.2.3. Scientific Authority: L. Trudel. August 1998.

Technical Evaluation on Histopathology as an Environmental Monitoring Tool for the Mining Industry in Canada. Contractor: GlobalTox International Consultants Inc. AETE Project 2.2.2. Scientific Authority: D. Campbell. June 1997.

Technical Evaluation of Mollusc as a Biomonitoring Tool for the Mining Industry in Canada. Contractor: Robin Stewart, Ph.D., Diane F. Malley, Freshwater Institute. AETE Project 2.3.1. Scientific Authority: D. Rodrigue. March 1997.

Toxicity Assessment of Highly Mineralized Waters from a Potential Mine Site. Contractor: B.A.R. Environmental Inc. AETE Project 1.2.4. Scientific Authority: D. Rodrigue. July 1997.

Toxicity Assessment of Mining Effluents Using Upstream or Reference Site Waters and Test Organism Acclimation Techniques. Contractor: B.A.R. Environmental Inc. AETE Project 4.1.2a. Scientific Authority: D. Rodrigue. July 1997.

B. Materials Processing and Services Laboratories

Aota, J., Morin, L. and Mikhail, S.A. *Low-temperature EAF dust vitrification consortium, Part I: Characterization and bench-scale trials.* Report No. MMSL 96-77 (CR).

Beaudoin, R.P., Emberly, C., Leaver, M.E., Murray, L. and Salley, J. *An update on the Canadian Certified Reference Materials Project.* Report No. MMSL 98-006 (TR).

Beaudoin, R., Bowman, W.S., Emberly, C., Leaver, M. and Salley, J. *The 1996/97 annual report of the Canadian Certified Reference Materials Project.* Report No. MMSL 97-023 (OP) (draft).

Beaudoin, R.P., Cloutier, J.C., Leaver, M.E., Murray, R.L. and Salley, J. *Custom gold reference material, O3-B.* Report No. MMSL 97-077 (CR).

Bowman, W.S., Leaver, M.E. and Beaudoin, R.P. *CZN-3: A Certified Reference Zinc Concentrate.* Report No. MMSL 96-69 (CR).

Cabri, L.J., Harris, D.C. and Weiser, T.W. 1996. *The mineralogy and distribution of platinum-group mineral (PGM) placer deposits of the world.* Exploration and Mining Geology, 5 (No. 2): 73-167.

Cabri, L.J. *An integrated approach to quantitative applied mineralogy of ores and process products.* Report No. MMSL 96-26 (CR).

Cabri, L.J. *Micro-PIXE analyses of sulphide minerals from the Great Dyke, Zimbabwe.* Report No. MMSL 96-80 (CR).

Cabri, L.J. and Laflamme, J.H.G. *Mineralogical Characterization of Gold-Bearing Samples from Penna Negra, Argentina.* Report No. MMSL 97-12 (CR).

Cabri, L.J. *Applied mineralogy in deposit evaluation and mineral processing.* Report No. MMSL 96-27 (CR).

Cabri, L.J. *Micro-PIXE analyses of ore minerals from Neves Corvo, Portugal.* Report No. MMSL 96-82 (CR).

Cabri, L.J. and Laflamme, J.H.G. 1997. *Platinum-group minerals from the Konder massif, Russian Far East.* Mineralogical Record, 28, 97-106.

Cabri, L.J. 1996. *The Platinum-group Metals: a Global Perspective.* By C.F. Vermaak. Economic Geology, 91, 484-485.

Cabri, L.J. 1996. *An integrated approach to quantitative mineralogy applied to ores and process products.* In: Proceedings of the Applied Mineralogy in the Mining and Metullurgical Industry (Eds. K. Kojonen and J. Laukkanen). The Finnish Association of Mining and Metallurgical Engineers, Series B, No. 62, 37-46.

Campbell, J.L., Teesdale, W.J., Kjarsgaard, B.A. and Cabri, L.J. 1996. *Micro-PIXE analysis of silicate reference standards for trace Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo and Pb, with emphasis on the Ni-in-garnet geothermometer.* Can. Mineral, 34, 37-48.

Chen, T.T. and Dutrizac, J.E. 1996. *Mineralogical Characterization of Anode Slimes: Part 10, Tellurium in Raw Anode Slimes.* Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 35, 337-351.

Chen, T.T. and Dutrizac, J.E. 1996. *Mineralogical Study of Jarofix Products for the Stabilization of Zinc Industry Jarosite Residues. Second International Symposium on Extraction and Processing for the Treatment and Minimization of Waste.* Ed. by V. Ramachandran and C.C. Nesbitt, The Minerals, Metals and Materials Society, pp 659-672.

Deschênes, G., Prud'homme, P.J.H., Tardif, J. et Fulton, M. *Effet du nitrate de plomb sur la cyanuration du minerai de la mine Géant Dormant.* Report No. MMSL 96-058 (CR).

Dutrizac, J.E. *The Behaviour of Thallium During Jarosite Precipitation.* Hydrometallurgy. Report No. MMSL 96-30 (J).

Dutrizac, J.E. and Hardy, D.J. *The Behaviour of Thiocyanate and Cyanate During Jarosite Precipitation.* Hydrometallurgy. Report No. MMSL 96-28 (J).

Genkin, A.D., Cabri, L.J., Bortnikov, N.S., McMahon, G., Stanley, G.J., Wagner, F.E., Friedl, J., Safonov, Y.G. and Gamyanin, G.N. 1997. *Geology and characteristics of gold mineralization in four Siberian gold deposits, Russia.* In: Proceedings of the Global Exploitation of Heap Leachable Gold Deposits (Eds. D.M. Hausen, W. Petruk, R.D. Hagni). Minerals, Metals and Materials Society, Warrendale, PA, U.S. pp 129-140.

Haque, K.E. and MacKinnon, D.J. 1996. *The halide mediated electro-oxidation of ammonia, cyanide, cyanate and thiocyanate.* CIM Bulletin, Vol. 89 (No. 1001).

Haque, K.E. and Dinardo, O. *Thiosalts Removal from Mine/Mill Effluent by Halide Mediated Electro-oxidation.* CMP Proceedings, January 1997.

Karwowska, R. *Comparison of Chemical Modifiers for the Determination of Gold in Cyanide Leachates of Gold Ores by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry.* Report No. MMSL-INT 97-19 (ITR). Presented at 43rd International Conference on Analytical Sciences and Spectroscopy, Montreal, Quebec, August 1997.

Laflamme, J.H.G. 1997. *Electron microprobe standards, for McGill University.* Report No. MMSL 97-18 (CR).

Laflamme, J.H.G. 1997. *Electron microprobe analysis of kimberlite indicator mineral grains in sample 96TCA.* Report No. MMSL 97-17 (CR).

Lastra, R. and Carson, D.W. *Mineralogical Characterization of the Deleterious Elements in Ten Slags from Canadian Non-Ferrous Sulphide Smelters Part II - Noranda Copper Mining, Smelting & Refining Co. Ltd.* Report No. MMSL 96-35 (CR).

Leaver, M.E., Bowman, W.S. and Beaudoin, R.P. *The 1995/96 annual report of the Canadian Certified Reference Materials Project.* Division Report No. MMSL 96-21 (OP).

Leaver, M.E. and Bowman, W.S. *Chapter 6: CCRMP Preparation and Utilization of Environmental and Geochemical Reference Materials.* In: Reference Materials for Environmental Analysis, edited by Ray Clement, Lawrence Keith and K.W. Siu. CRC Publishers. 1977.

Leaver, M.E., Beaudoin, R.P. and Fulton, M. *Processing of Reference Material, EC-8 - Environment Canada, National Water Research Institute.* Report No. MMSL 96-31 (CR).

Leaver, M.E., Sketchley, D.A. and Bowman, W.S. 1997. *The benefits of using CCRMP custom reference materials and a new proficiency testing program. Precious Metals.* In: Proceedings of the Twenty-first International Precious Metals Conference, San Francisco, CA, U.S., edited by Dr. Anthony Davies, ISBN # 1-881825-18-3.

McMahon, G. and Cabri, L.J. 1996. *SIMS direct ion imaging in the mineralogical sciences.* In: Proceedings of Microscopy and Microanalysis 1996 (Eds. G.W. Bailey et al.). Minneapolis, MN, San Francisco Press. pp 698-699.

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *Thermal stabilization of steelmaking slag.* U.S. Patent 5,569,314. October 29, 1996.

Mikhail, S.A., Turcotte, A.M., Putz, A.L., Kuyucak, S., Shehata, M.T., Prud'homme, P.J.A. and Demers, A. *A preliminary evaluation of Clear Hills iron ore.* Report No. MMSL 96-41 (CR).

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *The determination of quartz in cementitious materials by DSC.* Report No. MMSL 96-06 (TR) (CR).

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *The melting behaviour of carbon steel from different sources.* Report No. MMSL 96-04 (IR).

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *The determination of low levels of crystalline silica in slag and silica fume.* 11th International Congress on Thermal Analysis and Calorimetery (ICTAC). Philadelphia, PA, U.S.

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *Thermal characterization of spent catalyst for recycle.* Report No. MMSL 96-57 (CR).

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *Thermal characterization of steel scrap.* Report No. MMSL 96-16 (TR).

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *The thermal behaviour of as-plated and sintered nickel foam.* Report No. MMSL 96-18 (TR).

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *The determination of quartz in cementitious materials by DSC:II. Cement and silica fume.* Report No. MMSL 96-40 (TR) (CR).

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *The thermal behaviour of steelmaking dust and its vitrification clinkers.* 11th International Congress on Thermal Analysis and Calorimetery (ICTAC), Philadelphia, PA, U.S.A.

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *The high-temperature behaviour of refractory brick I.* EMRGB. Report No. MMSL 96-48 (CR).

Mikhail, S.A., Turcotte, A.M. and Aota, J. *Thermoanalytical study of EAF dust and its vitrification product.* Thermochimica Acta, 287: 71-79, 1996.

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *Thermal characterization of AMD sludges, Part II: In helium.* Report No. MMSL 96-88 (CR).

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *Thermal characterization of AMD sludges, Part I: In air.* Report No. MMSL 96-85 (CR).

Mikhail, S.A., Turcotte, A.M. and Hamer, C.A. *Application of thermal techniques in the recovery of heavy minerals from oil-sand tailings.* Thermochimica Acta, 273: 103-111, 1996.

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *The vitrification of EAF dusts and their vitrification products.* CSIRA Steel Consortium. Report No. MMSL 97-15 (CR).

Mikhail, S.A. and Turcotte, A.M. *The determination of quartz in limestone materials by DSC.* Report No. MMSL 96-70 (CR).

Morrison, R.M. and Weatherell, C.J. *Industrial methods for the analysis of copper anode slimes.* Report No. MMSL 97-02 (CF).

Morrison, R.M. *Iron electrolysis from iron-containing hydrometallurgical zinc solutions generated by solvent extraction I. Background.* Report No. MMSL 97-34 (TR).

Negeri, T. *Optimization of pulp chemistry to improve flotation selectivity and recoveries of copper, zinc and precious metals from the open-pit expansion (Stage I, Part 1).* Report No. MMSL 96-64 (CR).

Negeri, T., Wilson, J.M.D. and Chevalier, G. *Investigation of Les Mines Selbaie Sphalerite Flotation Characteristics by Surface and Solution Analysis Techniques.* CMP Proceedings, January 1997.

Negeri, T. *Preliminary Cu-Zn Separation Flowsheet Development (Agnico Eagle, Draft Interim Report).* Report No. MMSL 96-74 (CR).

Negeri, T., Boisclair, M., Tremblay, R., Campbell, B., Groulx, P. and Dauphin, P. *Process Development for Selective Flotation of Cu-Zn Flotation from Auriferous Polymetallic Sulphide Ore.* Report No. MMSL 97-02 (CR).

Oberthür, T., Weiser, T.W., Müller, P. and Cabri, L.J. 1996. *The platinum-group element mineralizations of the Great Dyke in Zimbabwe: geology and current status of exploration, mining and research (in German).* Erzmetall, 49, Nr. 11, 658-665.

Paktunc, A.D., Szymanski, J.T., Lastra, R. and Laflamme, J.H.G. *Mineralogical Characterization of the Ketza River Mine Tailings - Environment Canada.* Report No. MMSL 96-16 (CR).

Paktunc, A.D. *Mineralogical and Petrological Assessment of Nickel-Copper Sulfide Properties in Labrador: Part 1.* Report No. MMSL 96-86 (CR).

Paktunc, A.D. and Wilson, J.M.D. *Mineralogy of tailings samples T-16, T-18, T-24, T-25, PC-1 and PC-2.* Report No. MMSL 97-16 (CR).

Paktunc, A.D., Carrière, P. and Beaulne, M. *Image Analysis of Six Samples of Brick from Canada Brick Co.* Report No. MMSL 96-56 (CR).

Paktunc, A.D., Wilson, J.M.D., Carrière, P. and Laflamme, J.H.G. *Carbonate Mineralogy of the LV-Series Samples from the Louvicourt Mine.* Report No. MMSL 96-68 (CR).

Paktunc, A.D. *Mineralogical Characterization of Ore Samples from the High Grade Catalina Zone of the Cerro Casale Deposit, Northern Chile - Bema Gold (Chile) LTDA.* Report No. MMSL 96-49 (CR).

Putz, A.L. and Deschênes, G. *Response to Percolation Leaching of Nuinsco Gold Ore.* Report No. MMSL 96-73 (CR).

R-NET, Recycling Technology Newsletter, CANMET, NRCan, Vol. 2, Issues 2, 3 & 4, E. Giziewicz (Editor), M. Skaff (Deputy Editor), M. Desrosiers (French Editor) and M. Harris (Graphics and Layout).

Riveros, P.A. and Dutrizac, J.E. *The Recovery of Iron from Zinc Sulphate-Sulphuric Acid Processing Solutions by Solvent Extraction or Ion Exchange.* Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review. Report No. MMSL 97-02 (J).

Riveros, P.A. and Dutrizac, J.E. *The Precipitation of Hematite from Ferric Chloride Media.* Hydrometallurgy, Report No. MMSL 96-51 (J).

Shehata, M.T., McMahon, G. and Mikhail, S.A. *Modification, microstructure and Cu segregation in Al-Si 320 alloy.* Ford Windsor Aluminum. Report No. MTL 96-61 (CF).

Shimano, D.Y., Prud'homme, P.J.A. and Morrison, R.M. *The Ferric Chloride Leach Process for Potosi Ag/Sn/Cu tailings. Phase 1 - Final report.* Report No. MMSL 97-27 (CR).

Steger, H.F., Salley, J., Beaudoin, R.P. and Paquette, L.A. *Report on 1997 cycle 1 of proficiency testing program for mineral analysis laboratories: revision 1.* Report No. MMSL-INT 98-005 (TR).

Szymanski, J.T., Cabri, L.J. and Laflamme, J.H.G. 1997. *The Crystal Structure and Calculated Powder-Diffraction Data for Zvyagintsevite, Pd_3Pb. Can. Mineral.* Vol. 35. pp 773-776.

Tremblay, L., Deschênes, G., Ghali, E., McMullent, J. and Lanouette, M. *Gold recovery from a sulphide-bearing gold ore by percolation leaching with thiourea.* Int. J. Mineral Processing. 48 (1996): 225-244.

Wilson, J.M.D., Carrière, P. and Beaulne, M. *Mineralogical Analysis of Three Samples of INCO Tailings.* Report No. MMSL 96-76 (CR).

Wilson, J.M.D., Laflamme, J.H.G. and Beaulne, M. *Electron microprobe analysis of garnet, ilmenite and chromite grains in sample OT97.02.* Report No. MMSL 97-10 (CR).

Wilson, J.M.D., Laflamme, J.H.G. and Beaulne, M. *Electron microprobe analysis of garnet, ilmenite and spinel grains in sample OT97.03.* Report No. MMSL 97-09 (CR).

Wronski, Z.S., Brown, J., Carpenter, G.J.C., Cousineau, E.J.C., Jackman, J.A., McMahon, G., Shehata, M.T., Mikhail, S.A. and Kalal, P. *Surface and physical properties of fine battery-grade Ni powders manufactured by the INCO chemical vapour deposition process.* Report MTL 95-12 (TR) (CR).

Zinck, J.M. and Dutrizac, J.M. *The Behaviour of Zinc, Cadmium, Thallium, Tin and Selenium During ferrihydrate Precipitation from Sulphate Media.* Canadian Metallurgical Quarterly. Report No. MMSL 97-06 (J).

C. Mining Laboratories

Arjang, B. and Herget, G. 1996. *In-situ stresses in the Canadian hardrock mines: An update.* Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. Vol. 34 (No. 015): 3-4.

Arjang, B. and Herget, G. 1996. *In-situ stresses in the Canadian hardrock mines: An update.* Report No. MMSL 96-045 (OPJ).

Arjang, B. 1996. *Handbook on ground stress determination techniques.* Report No. MMSL 96-050 (SP).

Arjang, B. and Herget, G. 1996. *In-situ stresses in the Canadian hardrock mines: An update.* In: Proceedings of the 34th U.S. Rock Mechanics Symposium, New York, NY, U.S.

Arjang, B. 1996. *The effect of backfill in controlling pillar failure characteristics - An experimental study.* In: Proceedings of the 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS '96). Montreal, Canada.

Bétournay, M.C. and Udd, J.E. *Modern technology provides solutions to problems of abandoned mine sites.* GEOS, Internet issue. October 1997.

Bétournay, M.C. and Udd, J.E. *Addressing Canada's mining legacy.* In: Proceedings of the 99th CIM Annual General Meeting. Vancouver. 1997.

Bétournay, M.C. *Advances in mine automation for tabular orebodies and narrow vein mining.* In: Proceedings of the U.S. Northwest Mining Association Meeting. 1997.

Bétournay, M.C. and Udd, J.E. *The mining health and safety research of CANMET, Natural Resources Canada.* In: Proceedings of the First National Symposium on Mine Environments and Mine Safety. Peru. 1997.

Bétournay, M.C. and Udd, J.E. 1997. *Addressing Canada's mining legacy.* CIM Bulletin Vol. 90 (No. 1010).

Corbett, G.R., Plouffe, M., Côté, M. and Talebi, S. 1996. *Practical application of microseismic monitoring in a coal mine in rock/gas outburst-prone ground.* In: Proceedings of the Workshop on Induced Seismicity, 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS '96), Montreal, Canada. pp 42-43.

Labrie, D., Plouffe, M., Harvey, A. et Major, C. 1997. *Essai de dynamitage de préfracturation à la mine Sigma: Contexte de l'expérimentation et résultats obtenus.* Report No. MMSL 97-143F (TR).

Labrie, D., Plouffe, M., Harvey, A. et Major, C. 1997. *Essai de dynamitage de préfracturation à la mine Sigma: Contexte de l'expérimentation et résultats obtenus.* Proc. 19e Session d'étude sur les techniques de sautage. Université Laval, Québec.

Labrie, D., Plouffe, M., Harvey, A. and Major, C. 1997. *Destress blast testing at Sigma Mine: Experimentation and results.* Report No. MMSL 97-143E (TR).

Laverdure, L. 1996. *Investigation of seismic source parameters as a function of mining activities at Creighton Mine between 1992 and 1995 — blasting, backfilling, rockbursting, rockfalling and seismic database.* Report No. MMSL 97-009 (TR). 267pp.

Talebi, S. 1996. *Induced Seismicity.* Preprints of the Workshop on Induced Seismicity, 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS '96). Montreal, Canada. 53pp.

Talebi, S., Boone, T.J. and Eastwood, J. 1996. *Microseismic monitoring of a fluid injection operation in Colorado shales.* In: Proceedings of the Workshop on Induced Seismicity, 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS '96), Montreal, Canada. pp 33-34.

Udd, J.E. 1996. *Key issues in mining health and safety in Canada.* In: Proceedings of the European Commission - CANMET Workshop on Mining. Lisbon, Portugal. pp 273-281.

Udd, J.E. and Hardcastle, S. 1996. *Automation to control energy costs in underground mines - A Canadian rationale.* In: Proceedings of the European Commission - CANMET Workshop on Mining. Lisbon, Portugal. pp 171-180.

Udd, J.E. and Bétournay, M.C. 1997. *Health, safety and mine environments research in the Mining Laboratories of CANMET, Natural Resources Canada.* CIM Bulletin Vol. 90 (No. 1010).

Udd, J.E., Clarke, R.W.D. and Hardcastle, S. 1996. *Optimizing air management and energy costs in northen mines.* In: Proceedings of the 4th International Symposium on Mining in the Arctic. Longyearbyen, Svalbald, Norway. pp 215-223.

Udd, J.E. 1996. *Key issues in rock mechanics from the point of view of health and safety.* In: Proceedings of the 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS '96). Montreal, Canada. pp 253-260.

Udd, J.E. 1996. *A Report on the 4th International Symposium on Mining in the Arctic.* CIM Bulletin Vol. 89 (No. 1005): pp 59-60.

Udd, J.E. 1996. *Arctic Mining. Theme Overview.* CIM Bulletin Vol. 89 (No. 1005): 7 pp.

Vongpaisal, S., Udd, J.E., Herget, G., Gorski, B., Prasad, N. and Mougeot C. 1996. *Guidelines for the design of stable slopes for placer mines operating in permafrost.* In: Proceedings of the 4th International Symposium on Mining in the Arctic, Longyearbyen, Svalbald, Norway. pp 103-109.

Wang, B. 1996. *Deformable block modelling of jointed rocks with the block-spring model.* In: Proceedings of the 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS '96), Montreal, Canada. pp 1945-1950.

Yu, Y.S., Toews, N.A., Boyle, R., Vongpaisal, S., Wang, B. and Thomson, S. 1996. *Very large-scale 3-D modelling of mine structures using the finite element techniques.* In: Proceedings of the 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS '96). Montreal, Canada. pp 1871-1878.

Zhu, W., Qu, X., Chen, W. and Wang, B. 1996. *Application of block-spring model to slope stability analysis of the Three Gorges project.* Internal report as an accomplishment to a national key research project funded by Natural Sciences Foundation of China and Three Gorges Project Development Corporation. 17pp.

Coal Mining Health and Safety

Cain, P. 1997. *Floor Heave Experienced at Prince Colliery.* Report No. MMSL 97-108 (TR).

Cain, P. 1997. *Environmental Protection Plan in Case of An Inrush at the Scotia Mine, Halifax County, Nova Scotia.* Report No. MMSL 97-024 (CR).

Cain, P. and Payne, D. 1998. *Recent Strata Control Investigations at Prince Colliery.* Report No. MMSL 98-103 (OP).

Cain, P., Corbett, G. and Payne, D. 1998. *Interaction Subsidence in the Sydney Coalfield, Nova Scotia — Slide Presentation.* Report No. MMSL 98-108 (OP).

Chipman, D. 1998. *An Assessment of the Return Air Properties of Phalen Mine.* Report No. MMSL 98-009 (CR).

Corbett, G. 1997. *A Trial of the RockVision Tomographic Software and Method Using the CANMET Coal Mine Portable Microseismic System (CPMS) for the Identification of Potential Weightings on the No. 7 East Panel, Phalen Colliery.* Report No. MMSL 97-068 (CR).

Forrester, D., Young, D., Chipman, D. and Genter, D. 1998. *Methane Research in the Sydney Coalfield.* Report No. MMSL 98-109 (OP).

Forrester, D. 1998. *CBDC/CANMET Joint Mining Research Program 96/97 Discussion Document—Prevention of Water Inflows Project 1994–1997.* Report No. MMSL 98-105 (CF).

Forrester, D. 1998. *Asia Pacific Workshop on Coal Mining Technology in Tokyo '97 - Trip Report.* Report No. MMSL 98-104 (INT).

Forrester, D. 1997. *Visit Report to USA, August 7-17, 1996.* MMSL 97-106 (INT).

Forrester, D. 1997. *Underground Continuous Mining - An Overview.* Published in the CIM Bulletin May 1996, Report No. MMSL 97-109 (J).

Forrester, D. 1998. *CBDC/CANMET Joint Mining Research Program 96/97 Review of Local and International Experience in Prevention of Water Inflows into CBDC Collieries.* Report No. MMSL 98-107 (CF).

Forrester, D. 1997. *Joint CANMET/CBDC Collaborative Mining Research Program April 1, 1996 to March 31, 1998 Second Interim Progress Review: Year 1—April 1, 1996 to March 31, 1997.* Report No. MMSL 97-104 (CF).

Forrester, D. 1997. *Mining Research in Undersea Coal Mines in Eastern Canada.* Report No. MMSL 97-110 (OP and J).

Forrester, D., Cain, P. and Cullen, M. 1997. *An Overview of Underground Coal Mine Ground Control Studies by CANMET Sydney Laboratory. Presented at the CIM Annual General Meeting, April 27–May 1, 1997.* Report No. MMSL 97-107 (OP).

Payne, D. 1997. *Study of Convergence in the Roadways around the 13 West Longwall Stopline Pillar at the Prince Mine.* Report No. MMSL 97-111 (TR).

Payne, D. 1998. *Experience with Horizontal Stress in the Sydney Coalfield.* Report No. MMSL 98-106 (OP).

Steering Committee Members. 1997. *CANMET/CBDC Joint Collaborative Mining Research Program, 43rd Quarterly Steering Committee Meeting.* Report No. MMSL 97-112 (CF).

Steering Committee Members. 1997. *CBCRL/CBDC Joint Collaborative Mining Research Program 41st Quarterly Steering Committee Meeting.* Report No. MMSL 97-103 (CF).

Steering Committee Members. 1997. *CANMET/CBDC Joint Collaborative Mining Research Program 42nd Quarterly Steering Committee Meeting.* Report No. MMSL 97-105 (CF).

Steering Committee Members. 1998. *CANMET/CBDC Joint Collaborative Mining Research Program, 44th Quarterly Steering Committee Meeting.* Report No. MMSL 98-111 (CF).

Young, D. 1998. *Methane and Ventilation Studies in Coal Mining in the Sydney Coalfield, Nova Scotia.* Report No. MMSL 98-110 (CF).

Young, D. and Chipman, D. 1997. *Optimal Smoke/CO Sensor Location for Detecting Fires in Underground Coal Mines using Tracer Gas Techniques - 3 Drive, 3 Deep, Prince Colliery, N.S.* Report No. MMSL 97-113 (CF).

Mine Mechanization and Automation

Colloque sur la recherche et l'innovation dans l'exploitation des mines, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Rouyn-Noranda, 29 et 30 octobre 1998:

- Desrivières, G. *Les systèmes de vision en souterrain.* pp 155-160.
- Gaëtan, R., Lengwenus, M. (EPB Blasting) and Malkiewicz, T. (Hydro Ontario). *Sautage par pulsation électrique.* pp 333-350.
- Laflamme, M. *Grillages en polymère et en acier: études comparatives.* pp 141-154.
- Laflamme, M. *Hydrolification des opérations minières souterraines.* pp 275-284.
- Laflamme, M., Lambert, L. et LeBlanc, G. *Banc d'essais pour foreuse portative.* pp 135-140.

Laflamme, M. et Fecteau, J.M. *Mécanisation du soutirage/lavage du minerai en chantiers chambres magasins.* Jours de sécurité de l'AMQ, Val-d'Or, 17 et 18 septembre 1996.

Laflamme, M. *Grillages en polymère et en acier.* 12ième Colloque en contrôle de terrain de l'Association minière du Québec, Val-d'Or, 25 et 26 mars 1997:

- Laganière, M. *Conception et mise en service d'un robot moniteur.* pp 285-292.
- Lambert, L. *Système de localisation et de prise de tonnage automatique du minerai.* pp 125-134.
- LeBlanc, G. *Essais de fonçage de monteries ascendantes avec la foreuse Roger V-30.* pp 95-106.
- LeBlanc, G. *Performance des marteaux fond de trous actionnés à l'eau.* pp 107-118.
- LeBlanc, G. *Raclage automatisé.* pp 119-124.

Underground Mine Environment

Published in the Proceedings of the 6th International Mine Ventilation Congress, May 17–22nd, 1997 Pittsburgh, PA, U.S.:

- Grenier, M., Vergunst, J., Gardiner, E. and Hardcastle, S. *Evaluation of a Self-Contained Air Supply System for Underground Mine Refuge Stations.*
- Grenier, M. and Gangal, M. *Sampling and Analysis for Exposure to Diesel Exhaust Particulate in the Mining Workplace.*
- Hardcastle, S., Dasys, A. and Leung, E. *Integrated Mine Ventilation Management Systems.*

Arjang, B. 1997. *Database on Canadian crustal stresses from direct and indirect measurements.* Division Report. Mining and Mineral Sciences Laboratories, CANMET, NRCan. August 1997. Report No. MMSL 97-032 (TR).

Arjang, B. 1997. *Handbook on ground stress determination techniques.* Mining and Mineral Sciences Laboratories, CANMET, NRCan. March 1997. Report No. MMSL 96-050 (SP).

Arjang, B. and Herget, G. 1997. *In-situ ground stresses in the Canadian hardrock mines: An update.* In: Proceedings of the 36th U.S. Rock Mech. Symp. July 29, 1997 and Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. 34 (No. 015): 3-4.

Côté, M. et Plouffe, M. *Analyse préliminaire de la séismicité - Mine Sigma, Val-d'Or, Québec, Octobre 1996 - Juin 1997.* Rapport commercial LMSM 98-004 (RC). CANMET, Ressources naturelles Canada. 1998.

Côté, M. et Plouffe, M. *Analyse préliminaire de la séismicité - Mine Sigma, Val-d'Or, Québec, Juillet - Décembre 1997.* Rapport commercial LMSM 98-005 (RC), CANMET, Ressources naturelles Canada. 1998.

Gangal, M. and Leprince, T. *In-mine diesel particulate filter study at Mine Bousquet, Presentation made to the Mine Bousquet Management.* March 1998.

Grenier, M. and Gangal, M. *Diesel Emissions Control in Mining — Broad-based Solutions for a Unique Challenge.* Presented at the May '98 ONRSA Mining Health and Safety Conference.

Grenier, M., Gangal, M., Hardcastle, S. et Dainty, D. *Répertoire des techniques et technologies de contrôle des émissions des moteurs diesel en milieu minier.* Rapport d'étude financé par l'IRSST, Octobre 1997.

Grenier, M. and Bonnell, G. *Diesel Particulate Matter Measurement.* Presented at the May '97 ONRSA Mining Health and Safety Conference.

Labrie, D. 1997. *Caractérisation et instrumentation de trois structures minières à la mine Sigma.* Rapport LMSM 97-020 (RC). Laboratoires des mines et des sciences minérales, CANMET, Ressources naturelles Canada, Ottawa, 30 p. + an.

Priscu, D. *Deterministic study of mining-induced seismicity in Quebec mines.* Division report LMSM 98-XXX (TR). CANMET, Natural Resources Canada, 1998 (draft).

Talebi, S., Boone, T.J. and Eastwood, J. 1997. *Microseismic monitoring of water injection operations in an oil field.* Proc. 67th Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists (SEG), November 2-7, Dallas, Texas. pp 854-857.

Talebi, S. 1997. *S-wave attenuation measurements in a deep hard-rock mine.* Preprints of the 69th Annual Meeting of the Eastern Section of the Seismological Society of America (ESSSA), October 5-8, 1997.

Talebi, S. and Boone, T.J. 1997. *Characterizing microseismicity associated with water injection in an oil field.* Preprints of the 69th Annual Meeting of the Eastern Section of the Seismological Society of America (ESSSA), October 5-8, 1997.

Talebi, S., Mottahed, P. and Pritchard, C. 1997. *Monitoring seismicity in some mining camps of Ontario and Quebec.* In: Proceedings of the 4th International Symposium on Rockbursts and Seismicity in Mines, 11-14 August, 1997, Krakow, Poland. pp 117-120.

Talebi, S. ed. 1997. *Seismicity associated with mines, reservoirs and fluid injections.* Birkhauser Verlag, Boston, ISBN 0-8176-5878-5.

Talebi, S. 1997. *Sensor orientation and system calibration at the Cold Lake oil field.* CANMET client Report No. MMSL 97-070 (CR). pp 36.

Talebi, S. 1997. *Seismic source parameter determination.* CANMET client Report No. MMSL 97-048 (CR). pp 35.

Talebi, S. 1997. *Seismicity associated with mines, reservoirs and fluid injections.* Special issue of the Journal of Pure and Applied Geophysics. Vol. 150 (Nos. 3-4): pp 379-720.

Vance, J.B., Talebi, S. and Forrester, D. *Some current Canadian softrock contributions to microseismic technology.* Third Rock Mechanics and Ground Control Workshop, Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. Montreal, Quebec. Oct. 1997.

Vance, J.B., Plouffe, M.F. et Mottahed, P. *Applications des dernières techniques microsismiques et besoins futur.* Colloque sur la recherche et l'innovation dans l'exploitation des mines, Gouvernement du Québec. Vol. 3. Oct., 1997.

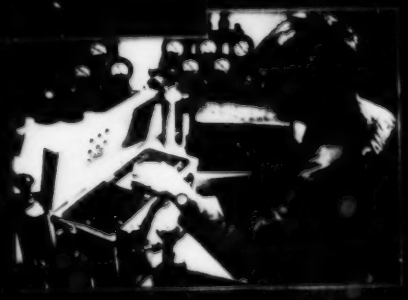
Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

CANMET

Laboratoires des mines et des sciences minérales

VUE D'ENSEMBLE

1996 • 1998



Canada

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

CANMET

Laboratoires des mines et des sciences minérales

VUE D'ENSEMBLE

1996 • 1998

Canada

© Travaux publics et Services gouvernementaux Canada – 1998

Pour obtenir gratuitement d'autres exemplaires de cette publication, s'adresser à :

Laboratoires des mines et des sciences minérales
Direction de la technologie minérale - CANMET
Secteur des minéraux et des métaux
Ressources naturelles Canada
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0G1

Télécopieur : (613) 947-1200

Also available in English under the title
Mining and Mineral Sciences Laboratories,
An Overview, 1996–1998

TABLE DES MATIÈRES

Message du directeur 2
Statistiques pertinentes et indicateurs de performance 3
LMSM — Organigramme et structure des programmes 3
Programme des métaux et de l'environnement 4
Programme de recherche sur le drainage acide et les effluents 5
Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM) 8
Programme de déclassement et de réhabilitation des sites miniers 9
Programme des procédés métallurgiques 10
Projet canadien des matériaux de référence 13
Programme de contrôle du terrain 14
Programme de l'environnement minier souterrain 16
Programme de la mécanisation et de l'automatisation des mines 18
Programme des systèmes de soutènement des mines par le remblayage 20
Programme de santé et de sécurité dans les mines de charbon 21
Publications scientifiques 23

MESSAGE DU DIRECTEUR

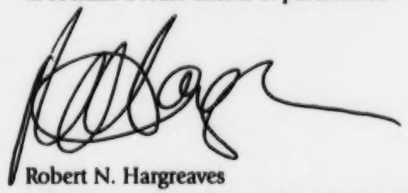
Les années financières 1996-1997 et 1997-1998 ont été bien remplies aux Laboratoires des mines et des sciences minérales (LMSM). Les LMSM ont continué à soutenir l'élaboration des politiques gouvernementales par leurs contributions scientifiques et à mettre au point des techniques innovatrices dans le cadre de partenariats avec des entreprises canadiennes.

Les réductions budgétaires annoncées dans le budget fédéral de 1995 ont donné lieu à de nouvelles réductions de personnel, laissant aux LMSM un effectif de 154 personnes à la fin de l'année financière 1997-1998. Il a aussi été décidé de relocaliser à Ottawa le personnel des installations d'Elliot Lake, en Ontario, et de mettre en vente le bâtiment d'Elliot Lake. La planification des programmes de 1995 tenait toutefois compte de ces réductions et de ces ajustements, et il n'y a eu aucun changement majeur dans la structure ou dans l'orientation des programmes en 1996-1998.

Malgré la réduction de l'effectif, les LMSM ont accru leurs recettes annuelles de sources externes, qui ont atteint 4,4 millions de $ en 1996-1997 et 4,7 millions de $ en 1997-1998. Plus de 80 % de ces recettes provenaient des sommes versées par des entreprises canadiennes en retour de services de R-D. Plusieurs nouveaux projets majeurs de collaboration avec l'industrie ont été entrepris pendant cette période dans des domaines variés, notamment sur le développement du forage électro-hydraulique, l'évaluation des émissions diesels, le sautage par pulsations électriques et l'élaboration de protocoles normalisés pour évaluer la biodisponibilité des matières renfermant des métaux dans les milieux aqueux. Le Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM) a pris fin en décembre 1997, mais il a été prolongé de trois ans (NEDEM 2000), ce qui permettra de poursuivre les travaux dans ce domaine. De plus, les LMSM ont fortement intensifié leurs activités internationales en agissant comme partenaire dans la mise en oeuvre de projets de transfert technologique financés par l'ACDI et en soutenant diverses initiatives internationales en matière de politique.

Les LMSM ont réalisé d'importants progrès en vue d'obtenir la certification de l'Organisation internationale de normalisation (ISO). La certification ISO 9002 a été accordée aux services d'analyse et de production de matériaux de référence, et d'autres groupes au sein des LMSM sont en voie d'obtenir la certification en vertu du guide 25 de l'ISO.

La nécessité de mesurer l'impact de leurs activités a conduit les LMSM à effectuer un sondage auprès de leurs clients et partenaires avec l'aide d'un consultant indépendant. Le sondage a porté sur 28 projets de partenariat récents. La valeur des retombées validées par les clients totalisait 841 millions de $, soit un retour intéressant sur l'investissement de 26 millions de $ dans les travaux de R-D pour ces projets. Les LMSM chercheront donc encore à conclure avec l'industrie des projets de partenariat susceptibles de procurer d'importants avantages financiers, environnementaux et sociaux à leurs clients et partenaires.

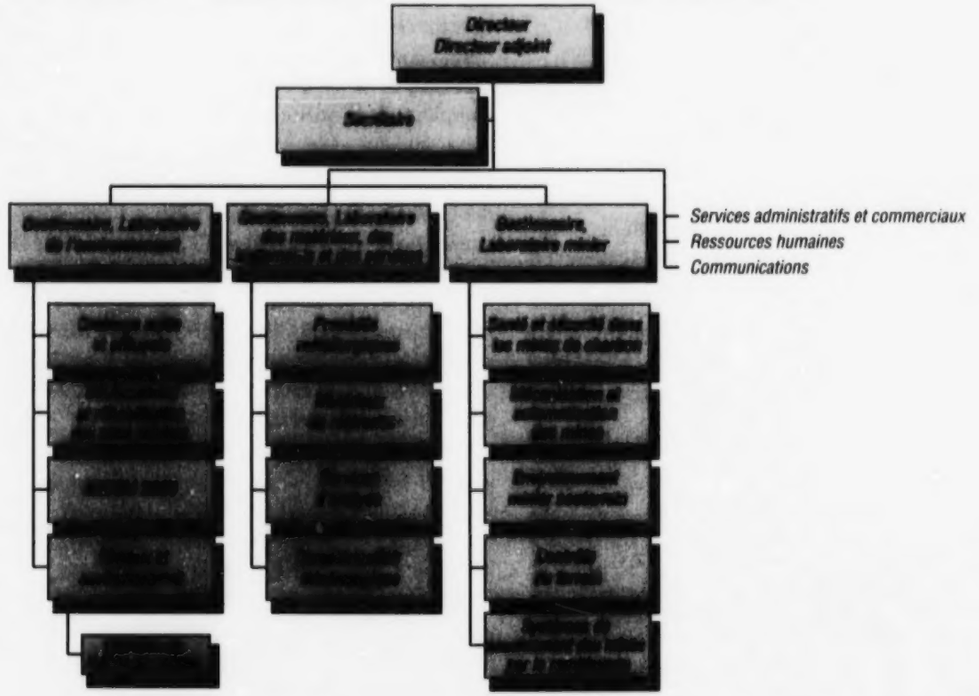


Robert N. Hargreaves
Laboratoires des mines et des sciences minérales

STATISTIQUES PERTINENTES ET INDICATEURS DE PERFORMANCE

	1995-1996	1996-1997	1997-1998
Budget total	**20,0 millions de $**	**18,3 millions de $**	**17,8 millions de $**
Effectif en personnel			
Période indéterminée	*182*	*164*	*142*
Période déterminée	*19*	*14*	*12*
	201	***178***	***154***
Étudiants : COOP	*47*	*57*	*34*
PEEAC	*8*	*8*	*2*
	55	***65***	***36***
Indicateurs de performance			
Revenus externes	*4,3 millions de $*	*4,4 millions de $*	*4,7 millions de $*
Attraction externe de ressources «en nature» affectées aux activités des projets conjoints	*16,0 millions de $*	*8,6 millions de $*	*10,4 millions de $*
Publications scientifiques		*(voir page 23)*	

LMSM – ORGANIGRAMME ET STRUCTURE DES PROGRAMMES



PROGRAMME DES MÉTAUX ET DE L'ENVIRONNEMENT

Le Programme des métaux et de l'environnement est axé sur la prestation de conseils scientifiques en vue d'appuyer la prise de décisions en matière de politique et de réglementation. L'industrie, différents paliers de gouvernement et d'autres parties intéressées au développement technologique et à l'évaluation des procédés participent aux travaux. Dans le cadre du programme, les LMSM font appel à des compétences en métallurgie extractive, chimie inorganique, biologie environnementale, toxicologie et gestion de l'environnement.

LES LMSM ONT FOURNI DES DONNÉES ESSENTIELLES À L'OBTENTION D'UN CONSENSUS SUR LES OBJECTIFS ET LES CALENDRIERS LES PLUS APPROPRIÉS DE GESTION DES ÉMISSIONS.

Les LMSM ont participé à plusieurs consultations multilatérales visant l'élaboration de stratégies appropriées de protection de l'environnement. Les secteurs de l'élaboration de l'acier, du finissage des métaux et de la fusion des métaux non ferreux ont ainsi fait l'objet d'une discussion approfondie sur la nature, l'ampleur et l'impact de leurs émissions dans le cadre du processus des options stratégiques. Ce processus avait pour but de trouver des mesures de contrôle applicables à plusieurs substances inorganiques déclarées toxiques en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Les LMSM ont fourni des données essentielles à l'obtention d'un consensus sur les objectifs et les calendriers les plus appropriés de gestion des émissions. Des rapports soumis aux ministres de la Santé et de l'Environnement pour mise en application font état de ce consensus.

Mesure de la qualité de l'eau lors d'études de surveillance sur le terrain

Techniques de mesure d'impacts en milieu aquatique

Le Programme d'évaluation des techniques de mesure d'impacts en milieu aquatique (ETMIMA) a été mis sur pied en 1994 pour examiner les technologies appliquées à l'évaluation des effets des effluents miniers sur le milieu aquatique. Il s'agit d'un programme conjoint industrie–gouvernement soutenu par l'Association minière du Canada, Ressources naturelles Canada (RNCan), Environnement Canada, Affaires indiennes et du Nord Canada, Pêches et Océans Canada et plusieurs gouvernements provinciaux. En 1996-1998, les travaux ont porté sur l'utilisation de tests de toxicité sublétale (dont une analyse bibliographique et une évaluation en laboratoire de certains outils); des études de terrain détaillées de certains outils de surveillance biologique (utilisation de poissons et de macro-invertébrés benthiques), la surveillance de l'eau et des sédiments; et une série d'analyses bibliographiques axées sur certains outils de surveillance. Le travail sur le terrain comprenait des études préliminaires dans sept sites miniers en 1996, suivies d'études complètes dans quatre sites en 1997.

AQUAMIN

Les LMSM ont participé au Programme d'évaluation des effets de l'exploitation des métaux sur le milieu aquatique (AQUAMIN). Il s'agit d'un examen de la réglementation fédérale portant sur les effluents liquides des mines de métaux, dirigé par Environnement Canada. Jugé comme une réussite par tous les participants, le programme a conduit à la production d'un rapport consensuel (industrie, gouvernements, associations autochtones et organisations environnementales non gouvernementales) sur la nature et l'ampleur des modifications nécessaires à l'amélioration des règlements. Les LMSM continuent de participer activement à ces activités afin de produire une ébauche des limites de rejet modifiées et de mettre sur pied le programme de surveillance des effets environnementaux. Les résultats du programme ETMIMA sont largement utilisés dans le cadre de ces activités.

Surveillance biologique dans les rivières

LE PROGRAMME A PERMIS DE DÉVELOPPER DE NOUVELLES COMPÉTENCES EN TOXICOLOGIE ET DE RECHERCHER DES APPLICATIONS PROMETTEUSES POUR L'ABSORPTION DES MÉTAUX PAR LA BIOMASSE VÉGÉTALE ET LA PHYTO-RESTAURATION (NETTOYAGE DE SITES PAR DES PLANTES VERTES). CES TECHNIQUES POURRAIENT SE RÉVÉLER APPROPRIÉES POUR L'ABSORPTION DES MÉTAUX ET LEUR ÉLIMINATION DES SITES CONTAMINÉS.

Éco-indicateurs

Le personnel des LMSM a étudié l'application de l'analyse du cycle de vie à la prise de décisions en matière d'environnement. Les LMSM ont organisé et dirigé un atelier international sur l'utilisation d'éco-indicateurs pour la sélection de produits et de matériaux. Plus de 90 personnes représentant des producteurs, des fabricants, des universités et des gouvernements y ont participé, ouvrant la voie à des recherches plus détaillées en matière d'outils et de méthodes de modélisation applicables au choix des matériaux destinés à la fabrication de produits.

Toxicologie

Le programme a permis de développer de nouvelles compétences en toxicologie et de rechercher des applications prometteuses pour l'absorption des métaux par la biomasse végétale et la phyto-restauration (nettoyage de sites par des plantes vertes). Ces techniques pourraient se révéler appropriées pour l'absorption des métaux et leur élimination des sites contaminés. Un élargissement du programme et un accroissement du personnel dans le domaine de la toxicologie sont prévus en 1998-1999.

Des progrès ont été réalisés dans la mise au point d'un protocole destiné à mesurer le rythme et l'étendue de la transformation des métaux en formes biodisponibles dans le but de cerner les dangers. Les travaux financés par l'Association minière du Canada, le Conseil international sur les métaux et l'environnement, Inco et l'Association de recherche environnementale des producteurs de nickel (NiPERA) ont permis aux LMSM d'effectuer de la recherche en collaboration avec le groupe de travail sur les métaux de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Ce groupe étudie les questions techniques liées à la nécessité de mettre au point un protocole et à l'approche à adopter. Il cherche aussi à définir les critères et procédures applicables à la détermination des dangers que présentent les métaux et les composés métalliques dans le milieu aquatique.

PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LE DRAINAGE ACIDE ET LES EFFLUENTS

Le Programme de recherche sur le drainage acide et les effluents est axé sur la R-D concernant la prévention et le traitement des effluents des mines, des usines de traitement des minerais et des usines métallurgiques, ainsi que la manutention des résidus produits lors du traitement. Parmi les projets, on retrouve la R-D technique en laboratoire et à l'échelle pilote, et le transfert de technologie au niveau international. Le programme assure également une surveillance de la biotechnologie appliquée à l'exploitation minière. En collaboration avec le Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM), le groupe de recherche sur le drainage acide et les effluents travaille aussi à réduire, au-delà des 10 % présumément atteints, la responsabilité liée au drainage acide estimée à la fermeture d'une mine.

Échantillonnage sur le terrain du traitement des boues d'effluents miniers

Traitement et réduction du drainage acide

Le groupe a terminé des projets pour le programme NEDEM et d'autres programmes à l'intention de clients miniers canadiens. La recherche a porté sur la caractérisation des boues, leur stabilité à long terme et leur évacuation, ainsi que sur l'optimisation du traitement. Une étude a été effectuée sur la caractérisation complète de 17 boues traitées à la chaux, provenant de diverses exploitations minières canadiennes. Les résultats indiquent qu'en se basant sur les protocoles de lixiviation actuels et les limites de contaminants réglementaires, les boues fraîches de traitement du drainage minier acide ne seraient généralement pas classées comme des déchets dangereux. De plus, lorsque la boue vieillit, le risque de lixiviation des métaux diminue. La partie des travaux réalisés en laboratoire a consisté à examiner l'effet des paramètres de traitement sur la densité et la stabilité des boues. On a déterminé que des modifications apportées au mode d'exploitation de l'usine pouvaient réduire la mobilité des métaux dans les boues et le volume de celles-ci.

Les LMSM ont aussi participé à des projets visant à réduire la production de drainage acide. Ils ont mis à l'essai une stratégie consistant à utiliser des composés chimiques pour inhiber les bactéries intervenant dans les processus biologiques, ce qui ralentit la production de drainage acide. Des composés bactéricides à pH faible ont déjà été utilisés pour tenter d'inhiber les bactéries actives après le commencement de l'acidification. Au moyen d'une nouvelle méthode, les LMSM mettent actuellement à l'essai des composés qui inhiberaient les thiobacilles neutrophiles, dont on pense qu'ils amorcent une suite d'événements conduisant à la formation du drainage acide. Des travaux préliminaires effectués en laboratoire ont montré qu'au cours d'une période d'un an, ces composés réduisaient la production de sulfate dans une proportion allant jusqu'à 70 % par rapport à des essais effectués sans inhibiteurs. L'effet de ces composés sur l'oxydation de la pyrite et de la pyrrhotine et sur diverses populations microbiennes est en cours d'évaluation dans un site minier. Les résultats de cette étude détermineront si d'autres travaux seront entrepris en vue d'optimiser les méthodes d'application et les essais sur le terrain dans le cas des stériles.

Le consortium des sulfosels

Le consortium des sulfosels, un projet à frais partagés coordonné par les LMSM, a été mis sur pied pour répondre aux préoccupations de l'industrie à l'égard des sulfosels produits lors de la concentration des minerais sulfurés. Bien que les sulfosels aient une toxicité relativement faible, ils sont oxydés par les bactéries présentes dans les bassins de traitement des effluents et les eaux réceptrices. Il se produit de l'acide sulfurique, qui perturbe les poissons et les autres communautés aquatiques. Le consortium a pour objectif d'apporter des solutions pratiques aux problèmes environnementaux créés par les sulfosels, d'offrir un forum pour l'échange et le transfert de technologie, d'accroître la sensibilisation de l'industrie minière à l'impact des sulfosels, et de déterminer l'ampleur de la production de sulfosels à travers le monde.

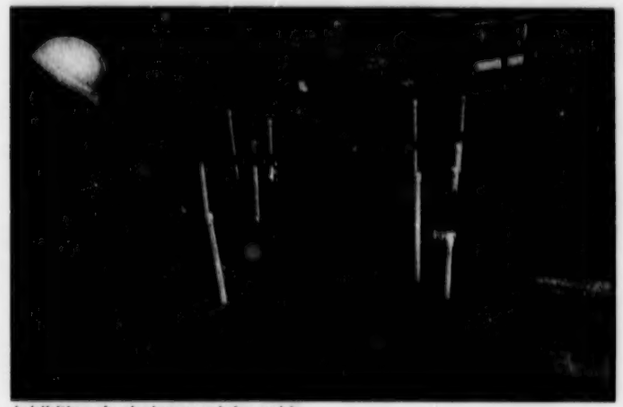
Les projets réalisés par le consortium comprennent : un examen des techniques de traitement des sulfosels; un examen des usines canadiennes et internationales de concentration de minerais sulfurés; des ateliers de formation sur les méthodes normalisées de détermination des sulfosels totaux; un programme interlaboratoires de vérification des mesures. Parmi les projets internes et externes en cours, on compte l'évaluation des procédés de traitement des effluents et la caractérisation des sulfosels produits lors de la concentration des minerais sulfurés.

Réduction de l'incidence environnementale des déchets de fer

Dans le cadre d'un projet visant à réduire l'incidence environnementale des déchets de fer, des chercheurs des LMSM ont étudié les paramètres thermodynamiques régissant la formation de l'hématite. Le fer est abondant et souvent associé étroitement à des métaux utiles dans les gisements minéraux. On l'extrait invariablement au cours du traitement hydrométallurgique et une fois en solution, il perturbe la récupération des métaux utiles et doit être éliminé, le plus souvent par précipitation sous forme de jarosite ou de goethite.

Ces déchets de fer ont peu d'applications potentielles. De plus, leur volume croissant et leur lixiviation toxique engagent la responsabilité de l'industrie minière à l'égard de l'environnement. La précipitation de l'hématite (α- Fe_2O_3) constitue une bien meilleure solution à l'élimination du fer, tant du point de vue environnemental qu'économique. L'hématite est compacte, elle contient 66 à 69 % de fer, elle présente d'excellentes caractéristiques de sédimentation, elle est facile à filtrer et pourrait être utilisée dans les aciéries, les cimenteries et dans l'industrie des céramiques et des pigments. Le principal frein à l'utilisation généralisée de la précipitation de l'hématite vient de l'exploitation coûteuse des autoclaves permettant d'atteindre la haute température requise par les techniques traditionnelles (par exemple, 180–200°C pendant 3 h sous une pression de 18 atm de O_2).

Au cours de leurs travaux, les LMSM ont fait une découverte importante, à savoir qu'il est possible de produire de l'hématite à la pression ambiante et à une température inférieure à 100°C en contrôlant soigneusement les conditions expérimentales. Les LMSM mettent actuellement au point un procédé pour produire de l'hématite à partir d'un milieu de chlorure, lequel pourrait s'appliquer aux solutions de décapage de l'acier, aux solutions de chlorure provenant du traitement des poussières de fours électriques à arc et aux solutions provenant de la lixiviation du chlorure ferrique des concentrés de sulfures métalliques. On a constaté que l'hématite précipitée ne renferme pas beaucoup de Zn, de Ca ou de Na et que la teneur en Cl est inférieure à 1 %.



Inhibition du drainage minier acide

Rôle de surveillance en biotechnologie

DANS LE CADRE D'UN PROJET VISANT À RÉDUIRE L'INCIDENCE ENVIRONNEMENTALE DES DÉCHETS DE FER, DES CHERCHEURS DES LMSM ONT ÉTUDIÉ LES PARAMÈTRES THERMODYNAMIQUES RÉGISSANT LA FORMATION DE L'HÉMATITE.

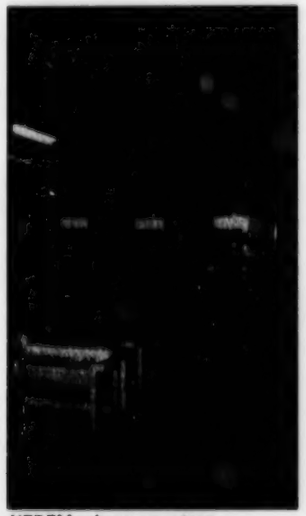
Dans le cadre de son rôle de surveillance en biotechnologie, les LMSM ont participé au renouvellement de la Stratégie nationale en matière de biotechnologie. Cette stratégie, dont Ressources naturelles Canada (RNCan) était l'un des premiers signataires, a été établie en 1983 dans le but de favoriser le développement d'un nouveau domaine appelé «biotechnologie». En 1997, 18 ministères et organismes fédéraux, dont des représentants de RNCan, ont collaboré à l'élaboration d'une nouvelle stratégie, la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie. À cette occasion, les LMSM ont dirigé un groupe de travail sur l'exploitation minière et l'énergie, et préparé un document de consultation qui décrit l'application de la biotechnologie aux secteurs concernés, les obstacles à son utilisation future et les méthodes qui permettront de surmonter ces obstacles. Ce document servira de guide au développement de la biotechnologie après la mise en place de la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie en 1999-2000.

PROGRAMME DE NEUTRALISATION DES EAUX DE DRAINAGE DANS L'ENVIRONNEMENT MINIER (NEDEM)

Le Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM) a consacré neuf ans au développement de la technologie applicable à la prévision, à la limitation et au traitement du drainage acide provenant des déchets miniers et des ouvertures de mines. En 1996 et 1997, les deux dernières années du programme, les efforts ont surtout porté sur la gestion des projets en cours, l'examen des résultats et l'expansion considérable des activités de transfert de technologie.

DES PROGRÈS RÉELS ONT ÉTÉ RÉALISÉS. ON RECONNAÎT MAINTENANT QU'IL EXISTE AU SEIN DE L'INDUSTRIE UNE VISION COMMUNE DES TECHNIQUES DE PRÉVISION, QUE L'EAU EST L'ÉLÉMENT CLÉ DANS LA PRÉVENTION DU DRAINAGE ACIDE ET QUE L'ON DISPOSE DE LIGNES DIRECTRICES SUR DIVERSES TECHNIQUES.

Des progrès réels ont été réalisés. On reconnaît maintenant qu'il existe au sein de l'industrie une vision commune des techniques de prévision, que l'eau est l'élément clé dans la prévention du drainage acide et que l'on dispose de lignes directrices sur diverses techniques.



NEDEM – le compostage

Un site Internet NEDEM (http://mend2000.nrcan.gc.ca) a été créé pour permettre la récupération en ligne de rapports annuels, de résumés de documents et d'autres renseignements se rapportant au programme. Des ateliers basés sur les champs d'activité du programme NEDEM ont été présentés à dix endroits au Canada en 1996 et 1997. Ces ateliers gratuits de transfert de technologie ont eu un succès remarquable. Chacun a attiré entre 50 et 100 participants. Quarante rapports et notes d'atelier ont été publiés en 1996 et 1997 sur le programme NEDEM, portant le nombre total de rapports actuellement disponibles à plus de 140. Un manuel NEDEM est en cours de préparation et sera disponible à la fin de l'exercice en cours.

À la demande du conseil d'administration de NEDEM, une évaluation du programme a été faite en 1996. Neuf questions, dont la réduction des responsabilités, la manière d'influer sur l'image et la crédibilité de l'industrie minière en ce qui touche l'environnement, et le transfert de technologie, ont été présentées et débattues. L'évaluation a confirmé que le programme NEDEM a permis de réduire la responsabilité d'au moins 400 millions de $ (*Rapport NEDEM 5.9*, disponible auprès du secrétariat). Cette réduction représente environ 10 % du total de 2 à 5 milliards de $ auquel on estime la responsabilité environnementale liée au drainage acide au Canada. Il s'agit d'un retour impressionnant sur un investissement de 17,5 millions de $ étalé sur neuf ans.

Responsabilité réduite

1997 était la dernière année du programme NEDEM. Pour célébrer la réussite de ce projet coopératif, la quatrième conférence internationale sur le drainage minier acide s'est tenue à Vancouver au mois de juin. Au total, 649 délégués provenant de 24 pays y ont participé, 118 communications y ont été présentées et 31 stands ont été destinés à la foire commerciale. Huit cours abrégés, organisés par le secrétariat du NEDEM, ont été donnés avant la conférence. Des 670 personnes inscrites à ces cours, 361 (54 %) venaient de l'extérieur du Canada. Après la conférence, la participation des délégués aux visites des mines Britannia, Sullivan, Equity Silver et Westmin a également été très bonne. Le personnel du secrétariat du NEDEM a contribué efficacement à la réussite de cette conférence. La remarque suivante faite à la conférence mérite d'être notée :

> «Le programme NEDEM s'est concentré sur le drainage acide, de sorte que nous disposons maintenant d'une série complète de bonnes options. Sans vous, nous ne saurions pas où nous en sommes.»

NEDEM 2000

Bien que le programme NEDEM ait pris fin le 31 décembre 1997, les partenaires ont conclu qu'un travail coopératif supplémentaire était nécessaire pour réduire davantage la responsabilité liée au drainage acide et pour confirmer les résultats obtenus sur le terrain avec les techniques mises au point par le NEDEM. Une nouvelle initiative post-NEDEM de trois ans, NEDEM 2000, axée sur le transfert de technologie au Canada, a été acceptée et mise en oeuvre en janvier 1998. Le financement du secrétariat du programme NEDEM 2000 est partagé entre Ressources naturelles Canada et l'Association minière du Canada.

Réhabilitation d'une aire de résidus miniers

PROGRAMME DE DÉCLASSEMENT ET DE RÉHABILITATION DES SITES MINIERS

Le Programme de déclassement et de réhabilitation des sites miniers est axé sur la recherche de solutions aux défis environnementaux qui se posent à l'industrie minière lors de la fermeture d'une mine. Ce programme fait appel à des compétences portant sur les caractéristiques de la lixiviation minérale, l'hydrochimie, la minéralogie et les analyses nucléaires et chimiques.

Études de laboratoire

Les études de laboratoire effectuées sur la submersion des déchets miniers provenant de l'exploitation du nickel à Sudbury ont donné des résultats prometteurs. L'entrée de l'oxygène dans les eaux interstitielles des résidus miniers semble être limitée aux 10 premiers cm. De plus, des barrières organiques secondaires, ou barrières de diffusion, consomment ou font diminuer l'oxygène dissous dans ces couvertures, empêchant ou réduisant de beaucoup l'entrée de l'oxygène dans les déchets miniers. La recherche sera prolongée jusqu'à la fin de 1998 afin de confirmer, entre autres, ces observations et d'évaluer de manière approfondie la capacité de limiter l'entrée de l'oxygène que possèdent à long terme la couverture d'eau et les barrières secondaires.

En plus d'effectuer des études sur l'entrée de l'oxygène et les flux de métaux, on met à l'essai des échantillons de résidus et des matériaux constituant des barrières secondaires afin de déterminer leurs possibilités de remise en suspension dans diverses conditions de profondeur de l'eau et d'énergie des vagues. Pour réduire au minimum la remise en suspension des déchets submergés, il faut tenir compte de la granulométrie des particules, de la profondeur de l'eau, de la vitesse du vent et de la portée de la houle.

LE PROGRAMME DE DÉCLASSEMENT ET DE RÉHABILITATION DES SITES MINIERS EST AXÉ SUR LA RECHERCHE DE SOLUTIONS AUX DÉFIS ENVIRONNEMENTAUX QUI SE POSENT À L'INDUSTRIE MINIÈRE LORS DE LA FERMETURE D'UNE MINE.

On a aussi terminé des essais à long terme sur colonne et en aquarium pour évaluer la lixiviation des minéraux et les flux de contaminants provenant de déchets de mine d'uranium. En 1997, les matières destinées à ces essais ont été congelées et échantillonnées. On procède actuellement à leur analyse minéralogique, chimique et bactérienne. On prévoit que l'analyse mettra en relief les résultats de la lixiviation observés depuis quelques années.

Évaluations des sites

On a commencé à la fin de 1996 et poursuivi en 1997 des évaluations de sites pour l'aire de gestion des résidus de Stanrock à Elliot Lake, en Ontario, et du bassin de résidus de Lower William's Lake à Marathon, en Ontario. L'étude du premier site visait principalement à évaluer la situation actuelle

Dans le cadre de l'Entente de développement du nord de l'Ontario (EDNO), on a mis sur pied une base de données multidisciplinaire complète et on a recueilli des données spécifiques au sujet des aires de résidus miniers et des amas de stériles dans le Nord de l'Ontario.

de l'oxydation, de la qualité de l'eau et des modifications chimiques et minéralogiques, avant la réhabilitation et le déclassement du site. Le deuxième site a été étudié pour que soient mieux définies les caractéristiques du bassin de résidus et l'incidence positive des terres humides qui se sont formées sur le site restauré. Les connaissances acquises sur les facteurs ayant contribué à la réussite du plan de réhabilitation peuvent maintenant être appliquées à la prédiction de l'incidence sur d'autres sites analogues.

Outils d'analyse

Dans le cadre de l'Entente de développement du nord de l'Ontario (EDNO), on a mis sur pied une base de données multidisciplinaire complète et on a recueilli des données spécifiques au sujet des aires de résidus miniers et des amas de stériles dans le Nord de l'Ontario. L'objectif à long terme demeure la mise au point d'un outil d'analyse permettant à l'industrie de mieux planifier le déclassement des sites miniers. Le cadre et les modules de la base de données ont été achevés au début de 1997. La saisie des données chimiques et physiques correspondant à plus de 100 sites et accessibles au public est en cours, et les analyses chimiques et minéralogiques des échantillons prélevés à partir de sites représentatifs se poursuit. On prévoit terminer les travaux en octobre 1998.

Le laboratoire d'Elliot Lake fermera en 1998-1999. Dès lors, le programme de déclassement et de réhabilitation des sites miniers joindra ses compétences à celles du laboratoire de l'Environnement à Ottawa.

PROGRAMME DES PROCÉDÉS MÉTALLURGIQUES

Le Programme des procédés métallurgiques a connu une activité intense en 1996-1997 et en 1997-1998. Après l'expérience réussie de croissance de cristaux dans l'espace, les projets dans le domaine des céramiques ont été transférés au Laboratoire de la technologie des matériaux et intégrés au programme des matériaux de pointe. Le programme a poursuivi ses activités relatives au traitement des minerais, à l'hydrométallurgie, au recyclage et à la minéralogie appliquée.

Céramiques

Lors d'une expérience réussie à bord de la navette spatiale *Endeavor*, on a fait croître des cristaux d'oxyde de germanate de bismuth (OGB) dans un four à zone flottante. Il s'agissait de la dernière réalisation d'une série de projets entrepris avec l'Agence spatiale canadienne au cours des cinq dernières années. L'objectif de l'étude était de confirmer que les cristaux produits dans l'espace étaient plus gros et plus uniformes que ceux produits en présence de la gravité. L'OGB appartient à une famille de matériaux photoréfractifs qui offrent des possibilités immenses dans le domaine de l'optique. Pour ajouter une note canadienne au projet, les ampoules dont se sont servi les autres membres de l'équipe (venus du Canada, des États-Unis et de l'Allemagne) pour les expériences de croissance de cristaux ont toutes été préparées à CANMET, et le spécialiste de mission qui a effectué les expériences dans l'espace était l'astronaute canadien Marc Garneau.

Lixiviation de l'or

Le consortium étudiant l'utilisation du nitrate de plomb et de l'oxygène pour la cyanuration de l'or compte maintenant six entreprises et un établissement d'enseignement supérieur, l'Université Laval. Le projet a conservé la même structure de base que l'année précédente : pour chaque nouveau membre, une étude fondamentale des mécanismes de cyanuration a été réalisée, suivie d'une série d'essais de cyanuration contrôlée sur un échantillon de minerai fourni par le participant. Jusqu'à présent, le travail fondamental a été axé sur l'électrochimie (réactions anodiques et cathodiques sur des échantillons d'or pur, avec et sans sulfures) et

l'analyse des surfaces (analyse par spectroscopie de photoélectrons (XPS) de minéraux obtenus par cyanuration d'un minerai synthétique composé de silice et d'or, avec un minéral sulfuré – pyrite, pyrrhotite ou chalcopyrite). Les membres du consortium ont tenu deux rencontres en 1998 pour présenter les résultats de leur travail et faire part de leurs expériences. Dans une étude des besoins en R-D, le consortium a été cité à deux reprises comme exemple d'un projet multipartenaire efficace.

Guy Deschênes (Ph.D.) a été détaché pendant dix semaines au AJ Parker Cooperative Centre for Hydrometallurgy, en Australie, où il a eu l'occasion de travailler sur la lixiviation du thiosulfate, de faire des présentations sur CANMET, de discuter de la R-D sur l'or en Australie et de visiter des usines locales de traitement de l'or.

Hydrométallurgie des métaux communs

CANMET a coordonné la préparation de deux manuels d'analyse : l'un sur les électrolytes au cuivre et l'autre sur les anodes de cuivre. Ces manuels seront diffusés en 1999. Deux matériaux de référence anodique sont aussi en préparation. Le premier a été soumis à des essais d'homogénéité, et des essais comparatifs interlaboratoires seront réalisés à l'automne 1998 en vue de la certification. Le second doit être soumis aux essais d'homogénéité. Dès que tous les essais seront terminés, les deux matériaux pourront être distribués.

Les travaux se sont poursuivis avec les partenaires sur des études de lixiviation et sur la caractérisation des anodes et des boues anodiques afin d'évaluer l'action des impuretés. Les travaux sur les piles au nickel ont pris fin en 1997-1998. En plus d'élaborer une nouvelle méthodologie mesurant l'impédance lors de tests cycliques charge-décharge, les LMSM ont caractérisé les électrodes en utilisant le nouveau microscope à balayage électronique à pression variable (VP-SEM). Cette nouvelle technique a permis aux LMSM de caractériser les électrodes et de les remettre dans la pile pour les soumettre à de nouveaux cycles de charge-décharge.

Le consortium étudiant l'utilisation du nitrate de plomb et de l'oxygène pour la cyanuration de l'or compte maintenant six entreprises et un établissement d'enseignement supérieur, l'Université Laval.

Croissance de cristaux en microgravité

Traitement des minerais

CANMET travaille avec le Centre de recherche minérale (CRM) du Québec au développement d'un progiciel intégré destiné au contrôle des procédés. La conception détaillée du progiciel est terminée et sa programmation est maintenant en cours. Le projet, financé par l'Entente sur le développement minéral du Québec, se déroule comme prévu et le premier prototype doit être produit en décembre 1998. CANMET participe aussi au financement du projet de commande automatique basé sur les connaissances (KBAC II), actuellement réalisé à l'Université Laval.

Les activités dans le domaine de la flottation sulfurée se sont poursuivies. Deux projets, faisant intervenir une mise à l'échelle pilote du procédé aux installations de CANMET ont été achevés. Un nouveau projet doit être mis en place au cours de la prochaine année. Il s'agit de la première application industrielle du procédé amélioré de flottation sélective (ESFP). L'ESFP utilise des xanthates combinés à quatre dépresseurs inorganiques pour améliorer la sélectivité cuivre-zinc. Les paramètres sont optimisés au moyen de la planification statistique. Afin d'obtenir des résultats reproductibles, CANMET a mis au point un équipement de flottation automatisé et instrumenté. Certains des composants ont été transférés sous licence à l'industrie. De plus, CANMET poursuit son travail sur la cellule de flottation sans mousse, qui améliore la qualité et la récupération des unités traditionnelles (cellule ou

Installation métallurgique pilote en exploitation

colonne). Un client évalue actuellement avec les LMSM la possibilité de soumettre ses minerais à la flottation dans la colonne sans mousse.

Minéralogie appliquée

Le groupe de minéralogie appliquée a mis en service un VP-SEM pour la caractérisation d'échantillons humides à teneur élevée en carbone. Il a expérimenté plusieurs utilisations possibles du VP-SEM et d'autres seront évaluées lorsque le temps le permettra ou que l'occasion se présentera.

Le groupe a mis au point une routine pour son système d'analyse d'images destiné à la caractérisation des silicates et il poursuit ses travaux sur le développement de méthodes permettant de mesurer les faibles teneurs en or de l'arsénopyrite par sonde ionique (SIMS).

En outre, plusieurs projets de caractérisation ont été réalisés pour des clients, dans les domaines de la détermination de la libération, de la caractérisation d'or visible et invisible, des minéraux indicateurs de diamant et de la diffraction des rayons X. Des offres permanentes (d'une valeur totale de 140 000 $) ont été signées avec deux grands producteurs d'or pour la caractérisation minéralogique.

L'un des scientifiques du programme, L.J. Cabri (Ph.D.), a été invité à titre de conférencier principal au symposium du centenaire d'A.G. Bethekin, à Moscou. Sa communication portait sur l'utilité des techniques micro-analytiques pour l'évaluation des minerais de métaux précieux.

Recyclage

Le groupe du recyclage a continué ses travaux sur la stabilisation des déchets par vitrification à basse température. Trois types de déchets ont été traités grâce à cette technique : des déchets urbains solides et des poussières d'acier doux et inoxydable de four à arc électrique. Des essais à l'échelle pilote ont été réalisés sur ces déchets et le mâchefer a été soumis à des tests de lixiviats. La vitrification a donné un produit qui a réussi les tests de lixiviats sur les métaux dans la plupart des administrations. Les prochaines étapes consisteront à élaborer des produits à partir du mâchefer stabilisé et à obtenir la radiation de ces produits afin qu'ils puissent être remis sur le marché.

Le groupe a continué de publier et de diffuser à plus de 3 000 personnes, *R-Net*, son bulletin d'information sur la technologie du recyclage. CANMET publie *R-Net* en partenariat avec l'Association canadienne des industries du recyclage (ACIR) dans le but de diffuser des résumés d'articles techniques sur divers aspects du recyclage. L'accent est mis sur les déchets métalliques, les déchets miniers et métallurgiques, l'automobile, la construction et la démolition, les pâtes et papiers et les déchets de post-consommation. Lors d'un sondage effectué pour évaluer le degré de satisfaction des lecteurs, les nombreux répondants ont présenté une évaluation très positive du bulletin.

Activités de transfert de technologie

En plus de produire des publications, des présentations et des rapports à l'intention de clients, le personnel affecté au Programme des procédés métallurgiques a aussi participé à l'organisation de conférences et de symposiums. Les 29e et 30e conférences annuelles des minéralogistes du Canada, tenues à Ottawa, ont attiré chacune plus de 300 participants. Un symposium sur le contrôle du fer en hydrométallurgie, tenu aussi à Ottawa, a attiré 250 personnes. Sur la scène internationale, un atelier sur l'exploitation minière, le traitement et le recyclage des minéraux a été organisé à Lisbonne conjointement avec la Communauté européenne.

Le personnel du programme a aussi aidé à organiser la septième conférence internationale sur le recyclage (en collaboration avec le Groupe international d'étude du plomb et du zinc), l'atelier Canada/CE 1998 sur l'exploitation minière, le traitement et le recyclage des minéraux, et la conférence Plomb-Zinc 2000.

CANMET a continué à coordonner trois groupes de discussion en technologie industrielle, comptant des représentants d'usines de traitement du zinc, de fusion et d'affinage électrolytique du cuivre. Ces groupes, qui représentent tous les exploitants canadiens et la plupart des exploitants américains, se rencontrent deux fois par an dans des usines différentes afin de tenir des discussions techniques sur un sujet donné. Ces réunions sont un excellent moyen pour les exploitants de partager leur expérience.

PROJET CANADIEN DES MATÉRIAUX DE RÉFÉRENCE

Le Projet canadien des matériaux de référence (PCMR) a pour rôle d'aider les laboratoires à évaluer et à améliorer l'exactitude des mesures et des méthodes d'analyse. Il fournit des matériaux de référence et des matériaux de référence (MR) personnalisés, et offre un programme de vérification de la compétence. Les MR existent sous forme de matériaux finement pulvérisés, entre autres des sols, des sédiments, des minerais, des concentrés, des résidus, etc. En 1996-1997 et en 1997-1998, le PCMR a vendu quelque 2 800 et 3 200 unités de plus de 100 MR. Les recettes ont totalisé 545 000 et 622 000 $ respectivement. Près de la moitié de ces ventes ont été acheminées à l'extérieur du Canada.

Au cours de cette période, le PCMR a aussi terminé la mise en service d'une nouvelle installation pour la préparation de petites quantités de MR. De plus, le système de contrôle de la qualité du PCMR a reçu du Quality Management Institute la certification ISO 9002 en mars 1997. La certification a été étendue au programme de vérification de la compétence en février 1998.

Matériaux de référence

Matériaux de référence

On a entrepris le remplacement des MR les plus en demande afin d'assurer un approvisionnement continu. Un concentré de cuivre, un minerai de cuivre-molybdène, un concentré de zinc, un minerai d'or et une roche gabbroïque contenant des éléments du groupe du platine, ont tous franchi les différentes étapes de production conduisant à la certification. On a poursuivi la production de nouveaux matériaux, notamment de matériaux pouvant constituer deux MR pour des anodes de cuivre.

En 1996-1997 et en 1997-1998, le PCMR a vendu quelque 2 800 et 3 200 unités de plus de 100 MR. Les recettes ont totalisé 545 000 et 622 000 $ respectivement. Près de la moitié de ces ventes ont été acheminées à l'extérieur du Canada.

Matériaux de référence personnalisés

Pour satisfaire à la demande croissante de MR qui n'existent pas ailleurs, le PCMR offre un service de préparation personnalisé où le matériau brut du client est transformé en matériau de référence selon des protocoles établis. Les clients bénéficient ainsi d'un appariement optimal entre la matrice des MR et celle des échantillons analysés. Une société aurifère, une société de métaux communs, toutes deux canadiennes, et Environnement Canada ont chacun demandé la préparation d'au moins un matériau. Huit sols ont été traités en vue du programme de vérification de la compétence d'une association environnementale canadienne.

Programme de vérification de la compétence des laboratoires d'analyse minérale

À la demande du groupe de travail sur l'analyse minérale du Sous-comité d'accréditation des organismes du Conseil canadien des normes (CCNO), le PCMR a mis sur pied le programme de vérification de la compétence des laboratoires d'analyse minérale. L'or, l'argent, le cuivre, le zinc, le plomb, le nickel, le cobalt, le platine et le palladium ont été analysés par 42 participants de divers pays lors de deux cycles d'une série de, respectivement, quatre et six échantillons d'essai. Les laboratoires d'analyse qui ont reçu, ou qui souhaitent obtenir, l'accréditation en vertu du Guide 25 de l'ISO doivent participer à ce programme.

PROGRAMME DE CONTRÔLE DU TERRAIN

Le Programme de contrôle du terrain assure à l'industrie minière canadienne un soutien à la recherche sur la stabilité du sol. Son objectif est d'améliorer la santé et la sécurité des travailleurs ainsi que la viabilité économique à long terme de l'industrie en réduisant les risques encourus dans les mines lorsque le massif rocheux est faible ou soumis à de fortes contraintes. Le programme rassemble des spécialistes et comporte des installations dans les domaines de la géomécanique, de la modélisation numérique et de la dynamique du massif rocheux (y compris la sismicité induite), afin de solutionner les problèmes posés par l'extraction minière dans des conditions difficiles. La recherche vise à quantifier et à expliquer la distribution et le transfert des contraintes ainsi que le comportement du massif rocheux dans ces conditions. Les connaissances acquises sont ensuite appliquées à la mise au point de séquences d'extraction et à l'évaluation de méthodes de remplacement en vue d'optimiser la sécurité des travailleurs et le rendement économique.

LES ÉQUIPES SPÉCIALISÉES TRAVAILLANT DANS CES DOMAINES ONT APPORTÉ DES CONTRIBUTIONS TECHNOLOGIQUES IMPORTANTES. ELLES ONT DE PLUS JOUÉ UN RÔLE DE PREMIER PLAN DANS LE TRANSFERT DE LA TECHNOLOGIE À LA COMMUNAUTÉ MINIÈRE, DONT DIVERSES SOCIÉTÉS MINIÈRES, DES ASSOCIATIONS MINIÈRES, DES CONSULTANTS, DES ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT ET DES ORGANISATIONS D'EXPERTS INTERNATIONAUX.

Les équipes spécialisées travaillant dans ces domaines ont apporté des contributions technologiques importantes. Elles ont de plus joué un rôle de premier plan dans le transfert de la technologie à la communauté minière, dont diverses sociétés minières, des associations minières, des consultants, des établissements d'enseignement et des organisations d'experts internationaux. Le personnel affecté au programme a présenté des ateliers et présidé des séances pour des organismes comme l'ICM (Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole), la NARMS (North American Rock Mechanics Society), et l'ESSSA (Eastern Section - Seismological Society of America). Il a aussi joué un rôle actif dans le soutien apporté à des projets externes, comme le Programme d'automatisation des mines, et à des comités industriels, dont les comités de contrôle du terrain de l'Association minière du Québec et l'Ontario Natural Resources Safety Association.

Recherche sur la dynamique du massif rocheux

La recherche en microsismologie appliquée au contrôle des coups de toit et au soutien à l'exploitation minière a été entreprise ou poursuivie dans sept mines de l'Ontario, du Québec et du Nouveau-Brunswick. Un projet qui a réuni les connaissances relatives à l'activité microsismique et les principes

Analyse des formes d'ondes sismiques

de la géomécanique dans le but d'évaluer des essais de relâchement des contraintes par sautage a été couronné de succès. On a continué l'application de la technologie microsismique à la détection précoce des ruptures liées aux contraintes sur des sites de production pétrolière améliorée. Cette technique est devenue un outil d'exploitation important : onze systèmes fonctionnent maintenant en Alberta. Le transfert des aspects commerciaux de la technologie microsismique de CANMET a été effectué par la concession d'une licence à une entreprise privée de la Colombie-Britannique. Cette entreprise a réussi à vendre neuf systèmes au Canada et aux États-Unis au cours des dix premiers mois du contrat de licence.

Techniques de modélisation numérique

De récents développements dans les techniques de modélisation numérique rendront possible la recherche sur des applications de pointe qui favoriseront le développement durable des mines et amélioreront la récupération des réserves minérales. Les interfaces opérateurs (pré et postprocesseurs) du logiciel breveté Rock3D ont été parachevées. Ce programme fait appel à des techniques de traitement innovatrices pour résoudre en moins de 24 heures des modèles comportant plus d'un million d'éléments. Il devient ainsi possible d'évaluer différents scénarios et, par exemple, d'obtenir par comparaison la séquence optimale d'exploitation. On a réalisé avec succès la démonstration du logiciel BSM (Block-Spring Model) à des exploitations minières à ciel ouvert de la Colombie-Britannique et du Québec, et on a entrepris le développement d'une version 3D.

Méthodes d'évaluation des propriétés de la roche

Le Laboratoire de Bells Corners, situé à Nepean, en Ontario, a poursuivi ses travaux sur l'amélioration des méthodes d'évaluation des propriétés de la roche ainsi que sur le perfectionnement de méthodes visant à déterminer le coefficient d'expansion thermique de la roche, du ciment et des mortiers. De plus, la recherche s'est poursuivie sur une méthode permettant de déterminer les valeurs théoriques des propriétés de poroélasticité thermique de la roche; cette méthode aura une incidence importante sur le stockage souterrain à long terme des déchets nucléaires. On a entrepris des rénovations majeures des installations d'essai pour commander numériquement la machine d'essai MTS.

Projet sur les mines inactives

Le projet sur les mines inactives est axé sur la détermination des besoins et la recommandation de normes relatives à la conservation de l'information sur les sites miniers inactifs. Son objectif est de permettre l'évaluation des risques et de faciliter la planification de mesures d'urgence ou de correction en cas de défaillance. Le développement de modèles 3D d'ouvertures de mines en subsurface, préparés à partir de documents historiques et leur mise en relation avec les caractéristiques actuelles de la surface et de l'infrastructure civile, a été effectué pour les sites prioritaires de l'Ontario. La méthodologie appliquée aux mines inactives et les protocoles de documentation pour le déclassement de sites miniers ont été acceptés après avoir fait l'objet d'une démonstration.

Essai de compression uniaxiale dans la presse MTS-815 d'une capacité de 10 000 000 lb

Exploitation minière souterraine en profondeur

La maximisation des interactions et l'intégration des disciplines pertinentes restent un axe majeur du Programme de l'exploitation minière souterraine en profondeur. On cherche à mieux comprendre le comportement de la roche afin d'appliquer ces connaissances aux problèmes pratiques que connaît l'industrie minière. Ce travail est effectué dans le cadre du projet principal sur l'exploitation minière souterraine en profondeur, qui porte sur la résolution des problèmes liés aux contraintes élevées, à la sismicité, à l'éloignement des lieux de travail et à la dégradation de la résistance de la roche soumise à des charges continues. Les résultats de la recherche pourraient influer sur les nouvelles exploitations minières en profondeur au Canada. Le projet porte aussi sur des méthodes pouvant optimiser la récupération du minerai et améliorer l'utilisation du remblayage afin de compenser les contraintes exercées sur le massif rocheux, ce qui améliorera la viabilité des opérations minières en profondeur.

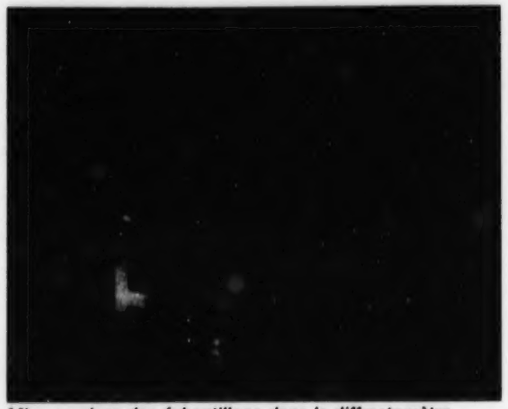
PROGRAMME DE L'ENVIRONNEMENT MINIER SOUTERRAIN

Le Programme de l'environnement minier souterrain vise à protéger la santé et la sécurité des mineurs par ses travaux sur le contrôle des contaminants de l'air et le prélèvement d'échantillons d'air. Ces questions influent directement sur le milieu de travail des mineurs. Le programme exerce aussi une influence sur la réglementation des mines et sur l'utilisation de procédés et d'équipement homologués en milieu minier. Ses activités comprennent le réglage, la gestion et l'automatisation de l'aérage, le contrôle et la mesure des émissions de diesels, l'homologation des moteurs diesels et les essais non destructifs, en temps réel, de câbles métalliques. On cherche ainsi à assurer un lieu de travail plus sain aux mineurs canadiens et à optimiser le rapport coût-efficacité de la conception de l'aérage pour l'industrie minière.

LES GAINS ÉVENTUELS PROVENANT DE L'AUTOMATISATION DES RÉSEAUX D'AÉRAGE COMPORTENT UNE RÉDUCTION DES COÛTS JOINTE À L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DU MILIEU DE TRAVAIL.

Optimisation et automatisation de l'aérage des mines

L'automatisation de l'aérage des mines est particulièrement important. Les gains éventuels provenant de l'automatisation des réseaux d'aérage comportent une réduction des coûts jointe à l'amélioration de la qualité du milieu de travail. Habituellement, le volume d'air circulant dans les mines est déterminé par la puissance diesel dont on dispose sous terre. La gestion de cette quantité fixe d'air peut souvent entraîner un sousaérage ou un suraérage dans certaines zones. L'avènement de systèmes de communication reliant toutes les zones d'une mine a rendu possible l'emploi de techniques de mesure des débits d'air et de détection des gaz, de moteurs commandés électroniquement, de matériel de localisation des véhicules et de réglage de l'aérage, pour approvisionner en air les lieux de travail en fonction des besoins. Cette méthode gagne en popularité et des travaux sont en cours à plusieurs endroits pour en prouver graduellement le bien-fondé. Le groupe intègre actuellement le 3D-CANVENT, son logiciel de



Mise en place des échantillons dans le diffractomètre à rayons X

simulation de l'aérage des mines, à d'autres codes de commande informatisés en vue d'une démonstration à la mine laboratoire des LMSM, à Val-d'Or, au Québec.

Des travaux progressent également dans une mine d'or du nord-ouest québécois où les LMSM gèrent un programme pluriannuel grâce auquel la mine étendra sa production à des profondeurs plus grandes tout en gardant les coûts d'aérage bien en dessous des prévisions correspondant normalement aux exigences des plans de production.

Le groupe participe aussi au consortium du programme d'automatisation des mines dont le but est d'automatiser complètement une section d'une mine souterraine. Le personnel affecté à ce programme étudie l'impact de la concentration réduite d'oxygène sur la performance de l'équipement diesel télécommandé et l'effet général des charges accrues de contaminants de l'air dans des conditions d'aérage très limité.

Recherche et normes relatives aux émissions de diesels

Les efforts consacrés à la recherche sur les émissions de diesels et à l'homologation des moteurs ont redoublé depuis que l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a proposé, en mai 1995, une limite d'exposition en milieu de travail de 0,15 mg/m^3 dans le cas des matières particulaires de diesel (MPD), soupçonnées d'être cancérigènes.

Plusieurs mines au Canada et aux États-Unis ne seraient pas conformes à ces valeurs si celles-ci étaient adoptées comme norme réglementaire.

L'homologation des moteurs diesels consiste à appliquer les normes canadiennes relatives à l'équipement diesel utilisé dans les mines souterraines. Ces normes prennent en compte les MPD et les gaz émis par les moteurs diesels lorsqu'elles prescrivent les volumes d'aérage dans les lieux de travail. Des moteurs plus propres exigent un aérage moindre pour une qualité d'air semblable ou supérieure, ce qui incite les exploitants de mines à équiper leur parc souterrain de moteurs plus propres afin de réduire le coût de l'aérage. Le laboratoire de Bells Corners des LMSM possède tout l'appareillage d'essai pour le contrôle des émissions de moteurs. Il s'occupe aussi d'homologuer les moteurs diesels selon les normes de l'Association canadienne de normalisation (CSA). On peut maintenant se procurer auprès des LMSM une liste des moteurs diesels homologués par la CSA.

On fera l'essai de techniques applicables à la réduction de l'exposition aux MPD (filtres, catalyseurs d'oxydation des diesels et additifs) selon un protocole convenu, le MAPTEST. Mis au point par un consortium de spécialistes de post-traitement de l'industrie et des LMSM, le MAPTEST permettra d'évaluer toutes les techniques selon le même protocole. Les exploitants de mines seront ensuite en mesure de comparer les avantages de ces techniques et de prendre une décision mieux éclairée quant à leur efficacité à réduire les MPD.

Programme d'évaluation des émissions de diesels

Le Programme d'évaluation des émissions de diesels (PEED) a été lancé officiellement au début de 1997. L'objectif de ce projet, évalué à 1 million de $ par an, est de réduire l'exposition des mineurs aux MPD. Au nombre des partenaires du PEEP, figurent les principaux intervenants de l'industrie minière, les syndicats, les organismes de réglementation et les LMSM. En plus d'assurer les services de secrétariat, les LMSM participent actuellement à deux projets. Le premier consiste à évaluer les effets de l'utilisation d'un mélange de carburants biodiesels dans une mine souterraine, et le second, à évaluer des méthodes mesurant l'exposition des mineurs aux MPD. On prépare actuellement un projet sur

Soufflerie

l'apport des véhicules légers à la charge de pollution provenant des émissions de diesels.

La Conférence canadienne ad hoc sur le diesel, organisée par les LMSM, s'est tenue à Toronto les 22 et 23 octobre 1997. Les 141 délégués et conférenciers, provenant d'Amérique du Nord et d'ailleurs, se sont réunis pour discuter de l'exposition aux émissions des moteurs diesels et du contrôle de ces émissions dans les mines, ainsi que pour être tenus au courant du programme PEEP. Cette conférence, qui gagne en importance, devrait avoir lieu à Toronto en 1999. Une fois de plus, Don Dainty des LMSM organisera et présidera cet événement.

LE PROGRAMME D'ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE DIESELS (PEED) A ÉTÉ LANCÉ OFFICIELLEMENT AU DÉBUT DE 1997. L'OBJECTIF DE CE PROJET, ÉVALUÉ À 1 MILLION DE $ PAR AN, EST DE RÉDUIRE L'EXPOSITION DES MINEURS AUX MPD. AU NOMBRE DES PARTENAIRES DU PEEP, FIGURENT LES PRINCIPAUX INTERVENANTS DE L'INDUSTRIE MINIÈRE, LES SYNDICATS, LES ORGANISMES DE RÉGLEMENTATION ET LES LMSM.

Essai de câbles métalliques

Un projet auquel collabore l'industrie est en cours dans le nord du Québec. Il s'agit d'installer et de mettre en service de façon permanente un appareillage d'essai non destructif pour les câbles métalliques de monte-charge. Le projet est unique et pourrait donner lieu à d'importants progrès dans les essais de câbles métalliques au Canada et à l'étranger. Il comporte d'autres objectifs dont, par exemple, la mise au point et la promotion d'un indice de détérioration des câbles destiné à mesurer leur intégrité et leur sécurité.

PROGRAMME DE LA MÉCANISATION ET DE L'AUTOMATISATION DES MINES

Le Programme de la mécanisation et de l'automatisation des mines est axé sur la recherche, le développement, l'adaptation et l'évaluation de technologies innovatrices. L'objectif premier du programme est de travailler en étroite collaboration avec l'industrie minière, les fabricants d'équipements, les universités et les autres centres de recherche et de formation afin d'améliorer les conditions de santé et de sécurité des travailleurs miniers, tout en assurant une productivité accrue.

Le programme bénéficie des installations uniques de la Mine-laboratoire de Val-d'Or, située au coeur de l'industrie minière filonienne. Ces installations permettent d'optimiser le rendement des systèmes en voie de développement, préalablement à leur implantation dans les mines en opération, en plus d'assurer la formation des travailleurs miniers. Plusieurs systèmes et équipements ont été évalués et optimisés à la Mine-laboratoire au cours des années 1996-1997 et 1997-1998, alors que la Commission scolaire de l'Or-et-des-Bois y a assuré la formation de quelques centaines de travailleurs du domaine minier.

Lance à eau téléopérée de CANMET

Le programme bénéficie des installations uniques de la Mine-laboratoire de Val-d'Or, située au coeur de l'industrie minière filonienne. Ces installations permettent d'optimiser le rendement des systèmes en voie de développement, préalablement à leur implantation dans les mines en opération, en plus d'assurer la formation des travailleurs miniers.

Électro-hydrolification

Une composante majeure du programme porte sur l'implantation de l'électro-hydro-énergie en remplacement de l'énergie pneumatique dans les mines souterraines. Malgré certains avantages reliés à cette technologie, tels la simplicité, la robustesse et la fiabilité, les équipements et accessoires pneumatiques sont source de bruits élevés, de vibrations, de poussières et de brouillard d'huile. De plus, en période de pointe, c'est-à-dire au moment où la plupart des équipements pneumatiques sont en opération, on observe une baisse de pression d'environ 25 % dans le réseau pneumatique, ce qui occasionne une baisse du rendement et une usure accélérée des composantes mécaniques.

Afin de solutionner ces problèmes, l'industrie minière s'intéresse actuellement à l'électro-hydro-énergie. Le forage hydraulique s'inscrit comme outil essentiel dans ce projet de recherche. Au cours des années 1996-1997 et 1997-1998, les activités dans le domaine de l'électro-hydrolification ont porté sur trois aspects principaux.

Dans un premier temps, une étude de préfaisabilité technico-économique de conversion du pneumatique à l'hydraulique a démontré que le coût d'investissement pour les foreuses représentait environ 25 % du coût total de l'électro-hydrolification d'une opération typique, alors que 75 % du coût

Une deuxième composante majeure du programme porte sur la téléopération et l'automatisation des équipements miniers souterrains dans le but de retirer les travailleurs des milieux à niveau de risque élevé pour leur santé et leur sécurité.

total porte sur le système comme tel, les équipements et accessoires de remplacement et la formation des travailleurs. L'étude a aussi démontré que la période de remboursement de l'investissement serait d'environ trois ans.

En deuxième lieu, les travaux de développement et d'adaptation d'une foreuse portative hydraulique actionnée à l'eau, la CANDRILL, se sont poursuivis en partenariat avec un fabricant sud-africain et l'industrie minière canadienne. Les résultats obtenus à ce jour tendent à démontrer le potentiel de la nouvelle technologie en termes de performance, de fiabilité et d'environnement de travail pour les mineurs. Le projet se poursuivra en 1998-1999 avec la mise au point de la foreuse adaptée aux besoins des mines canadiennes et des essais de validation de la technologie à la Mine-laboratoire et dans les mines participant au projet.

La troisième étude dans le domaine a porté sur l'évaluation de deux types de marteaux fond de trou, les marteaux pneumatiques et les marteaux actionnés à l'eau. Réalisée en partenariat avec un fabricant suédois et un groupe de sociétés minières, cette étude a permis d'analyser la performance, la consommation énergétique, l'environnement de travail ainsi que les coûts d'opération des marteaux.

Téléopération et automatisation

Une deuxième composante majeure du programme porte sur la téléopération et l'automatisation des équipements miniers souterrains dans le but de retirer les travailleurs des milieux à niveau de risque élevé pour leur santé et leur sécurité. Au cours de la période considérée, les activités du programme ont été axées sur trois sujets principaux.

Hydrolification d'une mine

En premier lieu, des problèmes de recouvrement sécuritaire des réserves de minerai déjà cassé dans les chantiers exploités par la méthode chambres-magasins ont mené à la conception et à la fabrication d'une lance à eau téléopérée se déplaçant sur un rail de bois dans la partie supérieure du chantier. Cet équipement, muni d'une caméra, d'une lance à eau et d'un système d'éclairage, assure un recouvrement total du minerai cassé en chantier et ce, sans aucune présence humaine à l'intérieur du chantier.

Un second projet concerne les systèmes de vision en souterrain permettant une utilisation accrue de la téléopération. Le projet a d'abord consisté à évaluer différents systèmes de vision dans un environnement non ventilé où le degré d'opacité de l'air est relativement élevé. Les résultats obtenus serviront à définir les besoins en développement technologique dans le domaine de la vision en souterrain afin de rendre plus efficace la téléopération des équipements.

La troisième étude a porté sur la réalisation des étapes de conception et de fabrication d'un système de raclage automatisé en chantier. Le préconcept, réalisé en 1996-1997, a servi à lancer, l'année suivante, un projet de développement et d'implantation de la technologie en partenariat avec l'industrie minière et le Ministère des Ressources naturelles du Québec.

PROGRAMME DES SYSTÈMES DE SOUTÈNEMENT DES MINES PAR LE REMBLAYAGE

Le Programme des systèmes de soutènement des mines par le remblayage effectue de la recherche sur des méthodes économiques de préparation, de transport et de mise en place de remblai résistant, fabriqué pour la stabilisation et la réhabilitation des mines actives. Les remblais résistants, comme la pâte et le remblai composite (stériles et résidus) offrent une solution environnementale à long terme au stockage des résidus réactifs et procurent un soutènement capable de réduire ou d'éliminer les effets de l'instabilité du terrain comme les coups de toit dans les mines souterraines profondes. Le programme fournit aussi des services spécialisés de contrôle de la qualité et d'élaboration de produits pour les matériaux de soutènement miniers, dont la gunite, les coulis de résine et les agents de remblayage par cimentation.

AU COURS DE CETTE PÉRIODE, L'ÉQUIPE DE RECHERCHE A TERMINÉ LA MISE AU POINT D'UNE TECHNIQUE COMPLÈTE DE PRÉPARATION DE PÂTE DE REMBLAYAGE PEU COÛTEUSE À BASE DE RÉSIDUS MINIERS. CETTE TECHNIQUE REPOSE SUR L'UTILISATION D'UN POURCENTAGE PLUS ÉLEVÉ DE RÉSIDUS DE TRAITEMENT (DONT LES FINES ET LES SCHLAMMS FINS) POUR LE REMBLAYAGE. ELLE RÉDUIT AINSI LES PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX ET LES COÛTS LIÉS AU STOCKAGE DES RÉSIDUS ET À LA RÉHABILITATION DE LA SURFACE.

Au cours de cette période, l'équipe de recherche a terminé la mise au point d'une technique complète de préparation de pâte de remblayage peu coûteuse à base de résidus miniers. Cette technique repose sur l'utilisation d'un pourcentage plus élevé de résidus de traitement (dont les fines et les schlamms fins) pour le remblayage. Elle réduit ainsi les problèmes environnementaux et les coûts liés au stockage des résidus et à la réhabilitation de la surface. Des essais en grandeur réelle, réalisés avec la société Westmin Resources Ltd. à ses installations de Myra Falls en Colombie-Britannique, ont montré que le procédé de fluidisation de CANMET est non seulement économique, mais que, par rapport aux méthodes traditionnelles de préparation, il peut améliorer le transport et la mise en place en souterrain de la pâte de remblayage.

L'installation destinée à l'essai du transport de remblai, récemment mise en service au laboratoire de Sudbury, comprend une pompe à course positive de 3 000 HP reliée à un système de tuyauterie en circuit fermé bien instrumenté.

Dans des travaux futurs, le groupe étudiera l'utilisation de matériaux composites pour améliorer l'efficacité des systèmes de soutènement des mines par le remblayage. Parallèlement à la recherche, le personnel affecté au programme a poursuivi la commercialisation de la technique de remblayage à la pâte avec un partenaire industriel.

Le groupe a aussi fourni à l'industrie minière canadienne des services reliés au remblayage, tels la caractérisation des résidus miniers, le contrôle de la qualité et la mise au point de systèmes de soutènement des mines par le remblayage.

Projet pilote de remblayage à la pâte – silo utilisé pour les expériences de remblayage dans les mines

PROGRAMME DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ DANS LES MINES DE CHARBON

Le Programme de santé et de sécurité dans les mines de charbon (PSSMC) de CANMET, connu auparavant sous le nom de Laboratoire de recherche sur le charbon du Cap-Breton (LRCCB), a effectué depuis 1981 de la recherche sur la sécurité dans les mines de charbon souterraines. Le budget fédéral de février 1995 prévoyait que le PSSMC devait se transformer en organisme financièrement autosuffisant. Un plan d'action triennal a été mis en oeuvre à cette fin en avril 1996.

Au cours de l'exercice 1997-1998, un examen de l'état d'avancement du plan a montré que, pour les deux premières années, les résultats étaient satisfaisants quant à la génération de revenus et à la réduction des coûts. À cause d'une réduction des investissements en recherche des trois principaux clients du programme, il devenait toutefois clair que ces résultats ne pourraient être soutenus à long terme et que l'objectif final ne serait donc pas atteint. Des tentatives visant à étendre la clientèle du programme ont également été infructueuses.

On a donc décidé de mettre un terme au PSSMC et de fermer la base opérationnelle de CANMET à Sydney, en Nouvelle-Écosse, le 31 mars 1998; 1997-1998 a donc été la dernière année du PSSMC. Des discussions ont été amorcées avec les partenaires du PSSMC pour étudier la possibilité de mettre sur pied un programme de recherche réduit, réorienté, établi dans des laboratoires de CANMET existant en Ontario ou au Québec.

Faits saillants

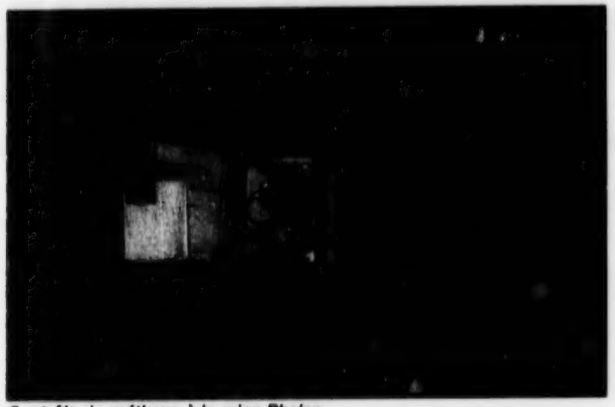
En 1997-1998, le PSSMC a généré 422 000 $ (460 000 $ moins 38 000 $ reportés de 1996-1997) comparativement à un objectif révisé de 400 000 $. Un certain nombre de projets majeurs ont pris fin, dont un projet de recherche de deux ans sur l'exploitation par longues tailles et un projet de quatre ans à coûts partagés sur la conception des mines. Le programme de recherche minière réalisé avec la Société de développement du Cap-Breton (SDCB), en Nouvelle-Écosse, s'est aussi poursuivi

Affaissement du fond océanique

toute l'année. Parmi les faits saillants, il faut noter : la quantification de la performance des systèmes d'aérage et de contrôle du méthane dans les longues tailles de rabattage à la mine de charbon Phalen; les essais souterrains de nouvelles conceptions d'extensomètres géotechniques (de type mécanique/électronique et mono/multipoint); l'évaluation de la recherche sur les contraintes horizontales dans le terrain houiller Sydney; et la quantification de la relation entre la progression du front de taille et l'ampleur de l'affaissement à la mine de charbon Phalen.

EN 1997-1998, LE PSSMC A GÉNÉRÉ 422 000 $ (460 000 $ MOINS 38 000 $ REPORTÉS DE 1996-1997) COMPARATIVEMENT À UN OBJECTIF RÉVISÉ DE 400 000 $. UN CERTAIN NOMBRE DE PROJETS MAJEURS ONT PRIS FIN, DONT UN PROJET DE RECHERCHE DE DEUX ANS SUR L'EXPLOITATION PAR LONGUES TAILLES ET UN PROJET DE QUATRE ANS À COÛTS PARTAGÉS SUR LA CONCEPTION DES MINES.

De plus, le PSSMC a donné des avis techniques sur des sujets tels : les dégagements de gaz dans le grès; les surcharges de grès; l'emplacement des détecteurs de fumée sur le parcours des convoyeurs; et la conception de plans à entrées multiples. Le PSSMC a perfectionné, à la mine de charbon Prince, la méthode de surveillance de l'affaissement du fond de l'océan, mise au point avec la Commission géologique du Canada (section Atlantique) de RNCan, à Dartmouth, en Nouvelle-Écosse.



Contrôle du méthane à la mine Phalen

Parmi les autres activités du programme, on note : l'organisation de deux séminaires au Cap-Breton sur l'expérience australienne des surcharges exercées dans les longues tailles et sur les résultats de la recherche concernant le problème de l'air vicié à Phalen; la participation à l'équipe d'amélioration des processus de la SDCB chargée de faire avancer le creusement souterrain, un élément clé de son plan d'entreprise; le parachèvement de sa contribution aux travaux du Laboratoire de recherche en diversification énergétique (LRDE) de CANMET sur l'utilisation potentielle du méthane présent dans l'air recyclé de la mine de charbon à Phalen; et la présentation des résultats relatifs aux émissions de méthane dans les habitations au Environmental Data Gathering Options Group (EDGAR), du groupe d'action conjoint du projet de nettoyage des étangs bitumeux et des fours à coke de Sydney.

Le personnel affecté au programme a fait également la démonstration de l'instrumentation de consignement de données du PSSMC à la mine d'or d'Eskay Creek, en Colombie-Britannique, et a présenté trois communications techniques lors de conférences internationales aux États-Unis et au Canada ainsi qu'une communication à un atelier international au Japon.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DES LABORATOIRES DES MINES ET DES SCIENCES MINÉRALES, 1996-1998

A. Laboratoire de l'environment

Évaluation en laboratoire de barrières sèches construites à partir de résidus miniers. Entrepreneur: École Polytechnique. Contrat TPSGC 23440-4-1510. Responsable scientifique: G.A.. Tremblay. Mars 1996.

Geochemical Assessment of the Equity Silver Tailings Pond. Entrepreneur: Rescan Environmental Services. Contrat TPSGC 23440-5-1140. Responsable scientifique: G.A. Tremblay. Août 1996.

Geochemical Assessment of Subaqueous Tailings Disposal in Anderson Lake, Manitoba: 1993-1995 Study Program. Entrepreneur: Rescan Environmental Services; Contributions par Hudson Bay Mining & Smelting et University of British Columbia. Contrat TPSGC 23440-3-9198, 23440-4-1134 et 23440-5-1122. Responsable scientifique: G.A. Trembay. Août 1996.

MEND Workshop Notes: Dry Covers Technologies for Acid Mine Drainage. Sudbury. 15 et 16 avril 1996.

MEND Workshop Notes: Monitoring and Waste Management for Acid Mine Drainage. Saskatoon. 10 juin 1996.

MEND Workshop Notes: The Prediction of Acid Rock Drainage. Vancouver. 7 et 8 novembre 1996.

MEND Workshop Notes: Water Covers to Prevent Acid Mine Drainage. Vancouver. Septembre 1996.

MEND Newsletter, CANMET, RNCan, *MEND Newsletter*, Vol. 4, No. 1, Summer 1996 / *Bulletin de NEDEM*, vol. 4, no 1, été 1996.

Metal Transport and Immobilization at Mine Tailings Impoundments. Entrepreneur: University of Waterloo. Contrat TPSGC 23440-4-1263. Responsable scientifique: R. Morrison. Mars 1997.

Peer Review of MEND Studies Conducted from 1990 to 1994 on Acidic Drainage at Mine Doyon South Waste Rock Dump. Entrepreneur: Geocon. Contributions by Unité de Recherche et de Service en Technologie Minérale, Centre de technologie Noranda et SENES Consultants. Contrat TPSGC 23440-4-1510. Responsable scientifique: C.J. Weatherell. Novembre 1996.

Review of Use of an Elevated Water Table as a Method to Control and Reduce Acidic Drainage from Tailings. Contrat TPSGC 23440-4-1319. Responsable scientifique: C.J. Weatherell. Juillet 1996.

Revue technique des études réalisées par NEDEM de 1990 à 1994 sur le drainage minier acide de la halde sud de la mine Doyon. Entrepreneur: Geocon. Contributions de Unité de Recherche et de Service en Technologie Minérale, Centre de Technologie Noranda et SENES Consultants. Contrat TPSGC 23440-4-1510. Responsable scientifique: C.J. Weatherell. Novembre 1996.

Shallow Water Covers - Equity Silver: Base Information on Physical Variables. Entrepreneur: Hay & Company Consultants Inc. Contrat TPSGC 23440-5-1139. Responsable scientifique: G.A. Tremblay. Mai 1996.

Skeaff, J.M. et Dubreuil, A.A. "Calculated Emission Factors of Trace Metals for Canadian Non-Ferrous Smelters", dans *Proc. Int. Symp. Metals and the Environment*, Montréal (Québec) Canada, 5 et 6 mai 1998; J.M. Skeaff, dir., Société de la métallurgie de l'ICM, Montréal, 1998.

Skeaff, J.M., dir., dans *Proc. Int. Symp. Metals and the Environment*, Montréal (Québec) Canada, 5 et 6 mai 1998; Société de la métallurgie de l'ICM, Montréal, 1998.

Skeaff, J.M. et Dubreuil, A.A. *Calculated 1993 Emission Factors of Trace Metals for Canadian Non-Ferrous Smelters.* Atmospheric Environment, 31(10), 1449-1457, 1997.

Skeaff, J., King, P. *Development Of Data on the Reaction Kinetics of Nickel Metal and Nickel Oxide in Aqueous Media for Hazard Identification.* Rapport final. Janvier 1998. Laboratoires des mines et des sciences minérales, Rapport de division 97-089 (CR)/ Contrat 51590.

Skeaff, J., King, P. *Development of a Protocol for Measuring the Rate and Extent of Transformations of Metals and Sparingly Soluble Metal Compounds in Aqueous Media. Phase I, Tasks 3 and 4: Study of pH and of Particle Size/Surface Area.* Rapport final. Décembre 1997. MMSL, Rapport de division 97-071 (CR)/Contrat 51590.

Subaqueous Deposition of Tailings in the Strathcona Tailings Treatment System. Entrepreneur: Lakefield Research Limited. Contrat TPSGC 23440-5-1254. Responsable scientifique: G.A. Tremblay. Septembre 1996.

Tremblay, G.A. et Feasby, D.G. "Canada's Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program". Dans *NEDEM 1996: Colloque sur le programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier*. Volume 2, 29-30 octobre, 1996, Rouyn-Noranda (Québec), pp 265-282.

Tremblay, G.A. "Dry Covers Technologies to Reduce Environmental Liability from Acid Generating Mine Wastes". Dans *NEDEM 1996: Colloque sur le programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier*. Volume 1, 29-30 octobre, 1996, Rouyn-Noranda (Québec), pp 197-207.

Programme d'évaluation des techniques de mesure d'impacts en milieu aquatique (ETMIMA)

1995 AETE Annual Technical Review. Presenté par le Comité technique ETMIMA, Ottawa (Ontario), 1er novembre 1995.

1997 AETE Annual Technical Review. Presenté par le Comité technique ETMIMA, Ottawa (Ontario), 29 mai 1997.

1995 Field Evaluation of Aquatic Effects Monitoring Methods - Pilot Study. Entrepreneur: Beak Consultants Ltd. Projet ETMIMA 4.1.1. Responsable scientifique: K. Mailhiot. Septembre 1996.

1996 Field Evaluation of Aquatic Effects Monitoring Methods - Field Survey Reports and Study Design. Entrepreneur: EVS Environment Consultants, Ecological Services for Planning et Jacques Whitford Environment Ltd. Projet ETMIMA 4.1.2. Responsable scientifique: L. Trudel. Décembre 1996.

1997 Field Evaluation of Aquatic Effects Monitoring Methods. Entrepreneur: BEAK International et Golder Associates Ltd. Projet ETMIMA 4.1.3. Responsable scientifique: L. Trudel. Septembre 1998.

Aquatic Effects Technology Evaluation - Synthesis Report on Monitoring Methods. Entrepreneur: Ecological Services Group International. Projet ETMIMA 4.1.4. Responsable scientifique: J. Papineau. Septembre 1998.

Assessing Aquatic Ecosystems Using Pore Waters and Sediment Chemistry. Entrepreneur: G. Allen Burton, Wright State University. Projet ETMIMA 3.2.2. Responsable scientifique: D. Campbell. Septembre 1998.

Comparison of Results from Alternative Acute Toxicity Tests with Rainbow Trout for Selected Mine Effluents. Entrepreneur: Pollutech Enviroquatics Ltd. Projet ETMIMA 1.1.4. Responsable scientifique: D. Rodrigue. Avril 1996.

Cost-effective Protocols for the Collection, Filtration and Preservation of Surface Waters for Detection of Metals and Metalloids at ppb ($\mu g\ l^{-1}$) and ppt ($ng\ l^{-1}$) Levels. Phase I: Evaluation of Bottle Type, Bottle Cleaning, Filter and Preservation Technique. Auteur: Gwendy E.M. Hall, Commission géologique du Canada. Projet ETMIMA 3.1.3. Avril 1998.

Development of a Quality Assurance Program for Assessing Mine-related Effects Using Benthic Invertebrate Communities. Entrepreneur: BEAK International Inc. Projet ETMIMA 2.1.4. Responsable scientifique: L. Trudel. Septembre 1998.

Laboratory Screening of Sublethal Toxicity Tests for Selected Mine Effluents. Entrepreneur: B.A.R. Environmental Inc. Projet ETMIMA 1.2.2. Responsable scientifique: D. Rodrigue. Janvier 1997.

Literature Review on the Techniques of Sonar Profiling and Grid Sampling, Using a Grab Sampler for the Identification and Mapping of Lake Sediment Facies for Environmental Effects Monitoring. Entrepreneur: Stéphanie Phaneuf, Commission géologique du Canada. Projet ETMIMA 3.2.1. Responsable scientifique: D. Rodrigue. Août 1995.

Optimization of Field and Laboratory Methods for Benthic Invertebrate Biomonitoring. Entrepreneur: Barry R. Taylor, Taylor Mazier Associates. Projet ETMIMA 2.1.2. Responsable scientifique: L. Trudel. Janvier 1997.

Review of Artificial Substrates for Benthos Sample Collection. Entrepreneur: Golder Associates Ltd. Projet ETMIMA 2.1.1. Responsable scientifique: K. Mailhiot. Juin 1995.

Review of Methods for Sublethal Aquatic Toxicity Tests Relevant to the Canadian Metal-Mining Industry. Entrepreneur: Dr. John B. Sprague. Projet ETMIMA 1.2.1. Responsable scientifique: D. Rodrigue. Avril 1997.

Technical Evaluation on Water Sampling Design and Data Analysis. Entrepreneur: N. R. McQuaker, Projet ETMIMA 3.1.1. Responsable scientifique: K. Mailhiot. Août 1998.

Technical Evaluation on Water Quality and Biological Effects. Entrepreneur: EVS Enviroment Consultants. Projet ETMIMA 3.1.2. Responsable scientifique: K. Mailhiot. Mai 1997.

Technical Evaluation on Toxicity Identification Evaluation/Toxicity Reduction Evaluation and Related Factors. Entrepreneur: E.S.G. International. Projet ETMIMA 1.2.5. Responsable scientifique: J. Papineau. Juillet 1998.

Technical Evaluation of Metallothionien as a Biomarker for the Mining Industry. Entrepreneur: Yves Couillard, Ph.D. et Louise St-Cyr, Groupe de recherche interuniversitaire en limonologie et en environnement aquatique (GRIL). Projet ETMIMA 2.2.1. Responsable scientifique: L. Trudel. Février 1997.

Technical Evaluation on Methods for Benthic Invertebrate Data Analysis and Interpretation. Entrepreneur: Barry R. Taylor, Taylor Mazier Associates et Robert C. Bailey, University of Western Ontario. Projet ETMIMA 2.1.3. Responsable scientifique: L. Trudel. Juin 1997.

Technical Evaluation on Monitoring Methods Using Macrophyte, Phytoplankton and Periphyton to Assess Impact of Mine Effluents on the Aquatic Environment. Entrepreneur: Louise St-Cyr, Antonella Cattaneo, Raynald Chassé et Christian G.J. Fraikin. Projet ETMIMA 2.3.2. Responsable scientifique: K. Mailhiot. Novembre 1997.

Technical Evaluation on Fish Methods in Environmental Monitoring for the Mining Industry in Canada. Entrepreneur: EVS Environment Consultants. Projet ETMIMA 2.2.3. Responsable scientifique: L. Trudel. Août 1998.

Technical Evaluation on Histopathology as an Environmental Monitoring Tool for the Mining Industry in Canada. Entrepreneur: GlobalTox International Consultants Inc. Projet ETMIMA 2.2.2. Responsable scientifique: D. Campbell. Juin 1997.

Technical Evaluation of Mollusc as a Biomonitoring Tool for the Mining Industry in Canada. Entrepreneur: Robin Stewart, Ph.D. et Diane F. Malley, Freshwater Institute. Projet ETMIMA 2.3.1. Responsable scientifique: D. Rodrigue. Mars 1997.

Toxicity Assessment of Highly Mineralized Waters from a Potential Mine Site. Entrepreneur: B.A.R. Environmental Inc. Projet ETMIMA 1.2.4. Responsable scientifique: D. Rodrigue. Juillet 1997.

Toxicity Assessment of Mining Effluents using Upstream or Reference Site Waters and Test Organism Acclimation Techniques. Entrepreneur: B.A. R. Environmental Inc. Projet ETMIMA 4.1.2a. Responsable scientifique: D. Rodrigue. Juillet 1997.

B. Laboratoire des matériaux, des traitements et des services

Aota, J., Morin, L. et Mikhail, S.A. *Low-Temperature EAF Dust Vitrification Consortium, Part I: Characterization and Bnch-Scale Trials*. Rapport MMSL 96-77 (CR).

Beaudoin, R.P, Emberly, C., Leaver, M.E, Murray, L. et Salley, J. *An update on the Canadian Certified Reference Materials Project*. Rapport de division MMSL 98-006 (TR).

Beaudoin, R., Bowman, W.S., Emberly, C., Leaver et M., Salley, J. *The 1996/97 Annual Report of the Canadian Certified Reference Materials Project*. Rapport de division MMSL 97-023 (OP).

Beaudoin, R.P., Cloutier, J.C., Leaver, M.E., Murray, R.L. et Salley, J. *Custom gold reference material, O3- B*. LMSM 97-077 (CR).

Bowman, W.S., Leaver, M.E. et Beaudoin, R.P. *CZN-3: A Certified Reference Zinc Concentrate*. Rapport LMSM 96-69 (CR).

Cabri, L.J., Harris, D.C. et Weiser, T.W. "The Mineralogy and Distribution of Platinum-Group Mineral (PGM) Placer Deposits of the World". *Exploration and Mining Geology*, 5(2) 73-167, 1996.

Cabri, L.J. *An Integrated Approach to Quantitative Applied Mineralogy of Ores and Process Products*. Rapport LMSM 96-26 (CR).

Cabri, L.J. *Micro-PIXE Analyses of Sulphide Minerals from the Great Dyke, Zimbabwe*. Rapport LMSM 96-80 (CR).

Cabri, L.J. et Laflamme, J.H.G. *Mineralogical Characterization of Gold-Bearing Samples from Penna Negra, Argentina*. Rapport LMSM 97-12 (CR).

Cabri, L.J. *Applied Mineralogy in Deposit Evaluation and Mineral Processing*. Rapport LMSM 96-27 (CR).

Cabri, L.J. *Micro-PIXE Analyses of Ore Minerals from Neves Corvo, Portugal*. Rapport LMSM 96-82 (CR).

Cabri, L.J. et Laflamme, J.H.G. "Platinum-Group Minerals from the Konder Massif, Russian Far East". *Mineralogical Record*, 28, 97-106, 1997.

Cabri, L.J. "The Platinum-Group Metals: A Global Perspective" par C.F. Vermaak. *Economic Geology*, 91,484-485, 1996.

Cabri, L.J. "An Integrated Approach to Quantitative Mineralogy Applied to Ores and Process Products". *Proceedings Applied Mineralogy in the Mining and Metullurgical Industry*, (dir. K. Kojonen et J. Laukkanen). The Finnish Association of Mining and Metallurgical Engineers, Collection B, no 62, 37-46, 1996.

Campbell, J.L., Teesdale, W.J., Kjarsgaard, B.A. et Cabri, L.J. "Micro-PIXE Analysis of Silicate Reference Standards for Trace Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo and Pb, with Emphasis on the Ni-in-Garnet Geothermometer". *Can. Mineral*, 34, 37-48, 1996.

Chen, T.T. et Dutrizac, J.E. "Mineralogical Characterization of Anode Slimes: Part 10, Tellurium in Raw Anode Slimes". *Canadian Metallurgical Quarterly*, v.35, 337-351, 1996.

Chen, T.T. et Dutrizac, J.E. "Mineralogical Study of Jarofix Products for the Stabilization of Zinc Industry Jarosite Residues". *Second International Symposium on Extraction and Processing for the Treatment and Minimization of Waste*, dir. V. Ramachandran et C.C. Nesbitt.The Minerals, Metals and Materials Society, p.659-672, 1996.

Deschênes, G, Prud'homme, P.J.H., Tardif, J. et Fulton, M. *Effet du nitrate de plomb sur la cyanuration du minerai de la mine Géant Dormant*. Rapport LMSM 96-058 (CR).

Dutrizac, J.E. *The Behaviour of Thallium During Jarosite Precipitation*. Hydrométallurgie. Rapport LMSM 96-30 (J).

Dutrizac, J.E. et Hardy, D.J. *The Behaviour of Thiocyanate and Cyanate During Jarosite Precipitation*. Hydrométallurgie. Rapport LMSM 96-28 (J).

Genkin, A.D., Cabri, L.J., Bortnikov, N.S., McMahon, G., Stanley, G.J., Wagner, F.E., Friedl, J., Safonov, Y.G. et Gamyanin, G.N. W. "Geology and Characteristics of Gold Mineralization in Four Siberian Gold Deposits, Russia". *Proceedings Global Exploitation of Heap Leachable Gold Deposits*, (dir. D.M. Hausen, W. Petruk et R.D. Hagni), Minerals, Metals and Materials Society, Warrendale, Pennsylvania, 129-140, 1997.

Haque, K.E. et MacKinnon, D.J. "The Halide Mediated Electro-Oxidation of Ammonia, Cyanide, Cyanate and Thiocyanate". *Bulletin de l'ICM*, vol. 89, no 1001, 1996.

Haque, K.E. et Dinardo, O. "Thiosalts Removal from Mine/Mill Effluent by Halide Mediated Electro-Oxidation". *CMP Proceedings*. Janvier 1997.

Karwowska, R. *Comparison of Chemical Modifiers for the Determination of Gold in Cyanide Leachates of Gold Ores by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry*. MMSL-INT 97 -19 (ITR). Présenté à la 43rd International Conference on Analytical Sciences and Spectroscopy, Montréal (Québec). Août 1997.

Laflamme, J.H.G. *Electron Microprobe Standards, for McGill University*. Rapport LMSM 97-18 (CR).

Laflamme, J.H.G. *Electron Microprobe Analysis of Kimberlite Indicator Mineral Grains in Sample 96TCA*. Rapport LMSM 97-17 (CR).

Lastra, R. et Carson, D.W. *Mineralogical Characterization of the Deleterious Elements in Ten Slags from Canadian Non-Ferrous Sulphide Smelters Part II - Noranda Copper Mining, Smelting & Refining Co. Ltd*. Rapport LMSM 96-35 (CR).

Leaver, M.E., Bowman, W.S. et Beaudoin, R.P. *The 1995/96 Annual Report of the Canadian Certified Reference Materials Project*. Rapport de division LMSM 96-21 (OP).

Leaver, M.E. et Bowman, W.S. "Chapter 6: CCRMP Preparation and Utilization of Environmental and Geochemical Reference Materials", dans *Reference Materials for Environmental Analysis*, dir. Ray Clement, Lawrence Keith et K.W. Siu, CRC Publishers, 1977.

Leaver, M.E., Beaudoin, R.P. et Fulton, M. *Processing of Reference Material, EC-8 - Environment Canada, National Water Research Institute*. Rapport LMSM 96-31 (CR).

Leaver, M.E., Sketchley, D.A. et Bowman, W.S. "The benefits of using CCRMP custom reference materials and a new proficiency testing program", dans *Precious Metals 1997, Proceedings of the Twenty-First International Precious Metals Conference*, San Francisco, Californie, dir. Anthony Davies, Ph.D. ISBN 1-881825-18-3.

McMahon, G. et Cabri, L.J. "SIMS Direct Ion Imaging in the Mineralogical Sciences". *Proceedings Microscopy and Microanalysis 1996*, (dir. G.W. Bailey et al.), Minneapolis, Minnesota, San Francisco Press, 698-699.

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *Thermal Stabilization of Steelmaking Slag*. Brevet États-Unis 5,569,314. 29 octobre 1996.

Mikhail, S.A., Turcotte, A.M., Putz, A.L., Kuyucak, S., Shehata, M.T., Prud'homme, P.J.A. et Demers, A. *A Preliminary Evaluation of Clear Hills Iron Ore*. Rapport LMSM 96-41 (CR).

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *The Determination of Quartz in Cementitious Materials by DSC*. Rapport LMSM 96-06 (TR) (CR).

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *The Melting Behaviour of Carbon Steel from Different Sources*. Rapport LMSM 96-04(IR).

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. "The Determination of Low Levels of Crystalline Silica in Slag and Silica Fume". *11th International Congress on Thermal Analysis and Calorimetery (ICTAC)*, Philadelphie, États-Unis.

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *Thermal Characterization of Spent Catalyst for Recycle*. Rapport LMSM 96-57 (CR).

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *Thermal Characterization of Steel Scrap*. Rapport LMSM 96-16 (TR).

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *The Thermal Behaviour of As-Plated and Sintered Nickel Foam*. Rapport LMSM 96-18 (TR).

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *The Determination of Quartz in Cementitious Materials by DSC:II. Cement and Silica Fume*. Raport MMSL 96-40 (TR) (CR).

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. "The Thermal Behaviour of Steelmaking Dust and its Vitrification Clinkers". *11th International Congress on Thermal Analysis and Calorimetery (ICTAC)*, Philadelphie, États-Unis.

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *The High-Temperature Behaviour of Refractory Brick I. EMRGB*. Rapport LMSM 96-48 (CR).

Mikhail, S.A., Turcotte, A.M. et Aota, J. "Thermoanalytical Study of EAF Dust and its Vitrification Product". *Thermochimica Acta*, 287: 71-79, 1996

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *Thermal Characterization of AMD Sludges, Part II: In Helium*. Rapport LMSM 96-88 (CR).

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *Thermal Characterization of AMD Sludges, Part I: In Air*. Rapport LMSM 96-85 (CR).

Mikhail, S.A., Turcotte, A.M. et Hamer, C.A. "Application of Thermal Techniques in the Recovery of Heavy Minerals from Oil-Sand Tailings". *Thermochimica Acta*, 273: 103-111, 1996.

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *The Vitrification of EAF Dusts and their Vitrification Products*. CSIRA Steel Consortium. Rapport LMSM 97-15 (CR).

Mikhail, S.A. et Turcotte, A.M. *The Determination of Quartz in Limestone Materials by DSC*. Rapport LMSM 96-70 (CR).

Morrison, R.M. et Weatherell, C.J. *Industrial Methods for the Analysis of Copper Anode Slimes*. Rapport LMSM 97-02 (CF).

Morrison, R.M. *Iron Electrolysis from Iron-Containing Hydrometallurgical Zinc Solutions Generated by Solvent Extraction I. Background*. Rapport LMSM 97-34 (TR).

Negeri, T. *Optimization of Pulp Chemistry to Improve Flotation Selectivity and Recoveries of Copper, Zinc and Precious Metals from the Open-Pit Expansion (Stage I, Part 1)*. Raport LMSM 96-64 (CR).

Negeri, T. Wilson. J.M.D. et Chevalier, G. "Investigation of Les Mines Selbaie Sphalerite Flotation Characteristics by Surface and Solution Analysis Techniques". *CMP Proceedings*. Janvier 1997.

Negeri, T. *Preliminary Cu-Zn Separation Flowsheet Development (Agnico Eagle, Draft Interim Report)*. Rapport LMSM 96-74 (CR).

Negeri, T., Boisclair, M., Tremblay, R., Campbell, B., Groulx, P. et Dauphin, P. *Process Development for Selective Flotation of Cu-Zn Flotation from Auriferous Polymetallic Sulphide Ore*. Rapport LMSM 97-02 (CR).

Oberthür, T., Weiser, T.W., Müller, P. et Cabri, L.J. "The Platinum-Group Element Mineralizations of the Great Dyke in Zimbabwe: Geology and Current Status of Exploration, Mining and Research" (en allemand). *Erzmetall*, 49, No. 11, 658-665, 1996.

Paktunc, A.D., Szymanski, J.T., Lastra, R. et Laflamme, J.H.G. *Mineralogical Characterization of the Ketza River Mine Tailings - Environment Canada*. Rapport LMSM 96-16 (CR).

Paktunc, A.D. *Mineralogical and Petrological Assessment of Nickel-Copper Sulfide Properties in Labrador: Part 1*. Rapport LMSM 96-86 (CR).

Paktunc, A.D. et Wilson, J.M.D. *Mineralogy of Tailings Samples T-16, T-18, T-24, T-25, PC-1 and PC-2*. Rapport LMSM 97-16 (CR).

Paktunc, A.D., Carrière, P. et Beaulne, M. *Image Analysis of Six Samples of Brick from Canada Brick Co*. Rapport LMSM 96-56 (CR).

Paktunc, A.D., Wilson, J.M.D., Carrière, P. et Laflamme, J.H.G. *Carbonate Mineralogy of the LV-Series Samples from the Louvicourt Mine*. Rapport LMSM 96-68 (CR).

Paktunc, A.D. *Mineralogical Characterization of Ore Samples from the High Grade Catalina Zone of the Cerro Casale Deposit, Northern Chile - Bema Gold (Chile) LTDA*. Rapport LMSM 96-49 (CR).

Putz, A.L. et Deschênes, G. *Response to Percolation Leaching of Nuinsco Gold Ore*. Rapport LMSM 96-73 (CR).

R-NET, Recycling Technology Newsletter, CANMET, RNCan vol. 2, nos 2, 3 et 4, E. Giziewicz (dir.), M. Skaff (dir. adj.), M. Desrosiers (révision française) et M. Harris (graphisme et mise en pages).

Riveros, P.A. et Dutrizac, J.E. *The Recovery of Iron from Zinc Sulphate-Sulphuric Acid Processing Solutions by Solvent Extraction or Ion Exchange. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. Rapport LMSM 97-02 (J).

Riveros, P.A. et Dutrizac, J.E. *The Precipitation of Hematite from Ferric Chloride Media*. Hydrométallurgie. Rapport LMSM 96-51 (J).

Shehata, M.T., McMahon, G. et Mikhail, S.A. *Modification, Microstructure and Cu Segregation in Al-Si 320 Alloy*. Ford Windsor Aluminum. Rapport LTM 96-61 (CF)

Shimano, D.Y, Prud'homme, P.J.A. et Morrison, R.M. *The Ferric Chloride Leach Process for Potosi Ag/Sn/Cu Tailings. Phase I - Final Report*. Rapport LMSM 97-27 (CR).

Steger, H.F, Salley, J., Beaudoin, R.P. et Paquette, L.A. *Report on 1997 Cycle 1 of Proficiency Testing Program for Mineral Analysis Laboratories: Revision 1*. Rapport LMSM-INT 98-005 (TR).

Szymanski, J.T., Cabri, L.J. et Laflamme, J.H.G. "The Crystal Structure and Calculated Powder-Diffraction Data for Zvyagintsevite, Pd_3Pb". *Can. Mineral*, vol. 35, pp 773-776, 1997.

Tremblay, L., Deschênes, G., Ghali, E., McMullent, J. et Lanouette, M. "Gold Recovery from a Sulphide- Bearing Gold Ore by Percolation Leaching with Thiourea". *Int. J. Mineral Processing* 48(1996) 225-244.

Wilson, J.M.D., Carrière, P. et Beaulne, M. *Mineralogical Analysis of Three Samples of INCO Tailings*. Rapport LMSM 96-76 (CR).

Wilson, J.M.D., Laflamme, J.H.G. et Beaulne, M. *Electron Microprobe Analysis of Garnet, Ilmenite and Chromite Grains in Sample OT97.02*. Rapport LMSM 97-10 (CR).

Wilson, J.M.D., Laflamme, J.H.G. et Beaulne, M. *Electron Microprobe Analysis of Garnet, Ilmenite and Spinel Grains in Sample OT97.03*. Rapport LMSM 97-09 (CR).

Wronski, Z.S., Brown, J., Carpenter, G.J.C., Cousineau, E. J.-C., Jackman, J.A., McMahon, G., Shehata, M.T., Mikhail, S.A. et Kalal, P. *Surface and Physical Properties of Fine Battery-Grade Ni Powders Manufactured by the INCO Chemical Vapour Deposition Process*. Rapport LTM 95-12 (TR) (CR).

Zinck, J.M. et Dutrizac, J.M. "The Behaviour of Zinc, Cadmium, Thallium, Tin and Selenium During Ferrihydrate Precipitation from Sulphate Media". *Canadian Metallurgical Quarterly*. Report LMSM 97-06 (J).

C. Laboratoire minier

Arjang B. et Herget, G. "In-situ Stresses in the Canadian Hardrock Mines: An Update". *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci.*, vol 34: 3-4, document no 015, 1996.

Arjang B. et Herget, G. *In-situ Stresses in the Canadian Hardrock Mines: An Update*. Rapport LMSM 96-045(OPJ).

Arjang, B. *Handbook on Ground Stress Determination Techniques*. Rapport LMSM 96-050(SP).

Arjang B. et Herget, G. "In-situ Stresses in the Canadian Hardrock Mines: An Update". *Proc. 34th U.S. Rock Mechanics Symposium*, New York, 1996.

Arjang, B. "The Effect of Backfill in Controlling Pillar Failure Characteristics - An Experimental Study." *Proc. 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS'96)*, Montréal, Canada.

Bétournay, M.C. et Udd, J.E. "Modern Technology Provides Solutions to Problems of Abandoned Mine Sites". *GEOS*, édition internet, octobre 1997.

Bétournay, M.C. et Udd, J.E. "Addressing Canada's Mining Legacy". *Proceedings 99th CIM Annual General Meeting*, Vancouver, 1997.

Bétournay, M.C. "Advances in Mine Automation for Tabular Orebodies and Narrow Vein Mining". *Proceedings, U.S. Northwest Mining Association Meeting*, 1997.

Bétournay, M.C. et Udd, J.E. "The Mining Health and Safety Research of CANMET, Natural Resources Canada". *Proceedings First National Symposium on Mine Environments and Mine Safety*, Pérou, 1997.

Bétournay, M.C. et Udd, J.E. "Addressing Canada's Mining Legacy". *CIM Bulletin* 90 (1010), 1997.

Corbett, G.R., Plouffe, M., Côté, M. et Talebi, S., 1996. "Practical Application of Microseismic Monitoring in a Coal Mine in Rock/Gas Outburst-Prone Ground". *Proc. Workshop on Induced Seismicity, 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS'96)*, Montréal, Canada, pp.42-43.

Labrie, D., Plouffe, M., Harvey, A. et Major, C. *Essai de dynamitage de préfracturation à la mine Sigma: Contexte de l'expérimentation et résultats obtenus*. Rapport LMSM 97-143F(TR).

Labrie, D., Plouffe, M., Harvey, A. et Major, C. "Essai de dynamitage de préfracturation à la mine Sigma: Contexte de l'expérimentation et résultats obtenus". *Compte rendu 19e Session d'étude sur les techniques de sautage*, Université Laval, Québec, 1997.

Labrie, D., Plouffe, M., Harvey, A. et Major, C. *Destress Blast Testing at Sigma Mine: Experimentation and Results*. Rapport LMSM97-143E(TR).

Laverdure, L. *Investigation of Seismic Source Parameters as a Function of Mining Activities at Creighton Mine between 1992 and 1995 - Blasting, Backfilling, Rockbursting, Rockfalling and Seismic Database*. Rapport LMSM 97-009(TR), 267 pp.

Talebi, S. "Induced Seismicity". *Preprints of the Workshop on Induced Seismicity, 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS'96)*, Montréal, Canada, 53 p.

Talebi, S., Boone, T.J. et Eastwood, J. "Microseismic Monitoring of a Fluid Injection Operation in Colorado Shales". *Proc. Workshop on Induced Seismicity, 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS'96)*, Montréal, Canada, pp.33-34.

Udd, J.E. "Key Issues in Mining Health and Safety in Canada". *Proc. European Commission - CANMET Workshop on Mining*, Lisbonne, Portugal, pp.273-281, 1996.

Udd, J.E. et Hardcastle, S. "Automation to Control Energy Costs in Underground Mines - A Canadian Rationale". *Proc. European Commission - CANMET Workshop on Mining*, Lisbonne, Portugal, pp.171-180, 1996.

Udd, J.E. et Bétournay, M.C. "Health, Safety and Mine Environments Research in the Mining Laboratories of CANMET, Natural Resources Canada". *CIM Bulletin* 90 (1010), 1997.

Udd, J.E., Clarke, R.W.D. et Hardcastle, S. "Optimizing Air Management and Energy Costs in Northern Mines". *Proc. 4th International Symposium on Mining in the Arctic*, Longyearbyen, Svalbald, Norvège, pp.215-223, 1996.

Udd. J.E. "Key Issues in Rock Mechanics from the Point of View of Health and Safety". *Proc. 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS'96)*, Montréal, Canada, pp.253-260.

Udd., J.E. "A Report on the 4th International Symposium on Mining in the Arctic". *CIM Bulletin*, vol. 89, no 1005, p.59-60, 1996.

Udd., J.E. "Arctic Mining. Theme Overview". *CIM Bulletin*, vol. 89, no 1005, p.7, 1996.

Vongpaisal, S., Udd, J.E., Herget, G., Gorski, B., Prasad, N. et Mougeot C. "Guidelines for the Design of Stable Slopes for Placer Mines Operating in Permafrost". *Proc. 4th International Symposium on Mining in the Arctic*, Longyearbyen, Svalbald, Norvège, pp.103-109, 1996.

Wang, B. "Deformable Block Modelling of Jointed Rocks with the Block-Spring Model". *Proc. 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS'96)*, Montréal, Canada, pp.1945-1950.

Yu, Y.S., Toews, N.A., Boyle, R., Vongpaisal, S., Wang, B. et Thomson, S."Very Large scale 3-D Modelling of Mine Structures Using the Finite Element Techniques". *Proc. 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS'96)*, Montréal, Canada, pp.1871-1878.

Zhu, W., Qu, X., Chen, W. et Wang, B. *Application of Block-Spring Model to Slope Stability Analysis of the Three Gorges Project*. Internal report as an accomplishement to a national key research project funded by Natural Sciences Foundation of China and Three Gorges Project Development Corporation, 17 pp, 1996.

Santé et sécurité dans les mines de charbon

Cain, P. *Floor Heave Experienced at Prince Colliery*. Rapport LMSM 97-108(TR), 1997.

Cain, P. *Environmental Protection Plan in Case of An Inrush at the Scotia Mine, Halifax County, Nova Scotia*. Rapport LMSM 97-024(CR), 1997.

Cain, P. et Payne, D. *Recent Strata Control Investigations at Prince Colliery*. Rapport LMSM 98-103(OP), 1998.

Cain, P., Corbett, G. et Payne, D. *Interaction Subsidence in the Sydney Coalfield, Nova Scotia – Slide Presentation*. Rapport LMSM 98-108(OP), 1998.

Chipman, D. *An Assessment of the Return Air Properties of Phalen Mine*. Rapport LMSM 98-009(CR), 1998.

Corbett, G. *A Trial of the Rock Vision Tomographic Software and Method Using the CANMET Coal Mine Portable Microseismic System (CPMS) for the Identification of Potential Weightings on the No. 7 East Panel, Phalen Colliery*. Rapport LMSM 97-068(CR), 1997.

Forrester, D., Young, D., Chipman, D. et Genter, D. *Methane Research in the Sydney Coalfield*. Rapport LMSM 98-109(OP), 1998.

Forrester, D. *CBDC/CANMET Joint Mining Research Program 96/97 Discussion Document - Prevention of Water Inflows Project 1994 -1997*. Rapport MMSL 98-105(CF), 1998.

Forrester, D. *Asia Pacific Workshop on Coal Mining Technology in Tokyo '97 - Trip Report*. Rapport LMSM 98-104(INT), 1998.

Forrester, D. *Visit Report to USA, August 7-17, 1996*. Rapport MMSL 97-106(INT), 1997.

Forrester, D. "Underground Continuous Mining - An Overview", publié dans le *Bulletin de l'ICM*, mai 1996. Rapport LMSM 97-109(J), 1997.

Forrester, D. *CBDC/CANMET Joint Mining Research Program 96/97 Review of Local and International Experience in Prevention of Water Inflows into CBDC Collieries*. Rapport LMSM 98-107(CF), 1998.

Forrester, D. *Joint CANMET/CBDC Collaborative Mining Research Program April 1, 1996 to March 31, 1998 Second Interim Progress Review: Year 1 — April 1, 1996 to March 31, 1997*. Rapport LMSM 97-104(CF), 1997.

Forrester, D. *Mining Research in Undersea Coal Mines in Eastern Canada*. Rapport LMSM 97-110 (OP,J), 1997.

Forrester, D., Cain, P. et Cullen, M. "An Overview of Underground Coal Mine Ground Control Studies by CANMET Sydney Laboratory". Présenté à la Réunion générale annuelle de l'ICM, 27 avril-1er mai 1997. Rapport LMSM 97-107(OP), 1997.

Payne, D. *Study of Convergence in the Roadways around the 13 West Longwall Stopline Pillar at the Prince Mine*. Rapport LMSM 97-111(TR), 1997.

Payne, D. *Experience with Horizontal Stress in the Sydney Coalfield*. Rapport LMSM 98-106(OP), 1998.

Membres du Comité de direction. *CANMET/CBDC Joint Collaborative Mining Research Program, 43rd Quarterly Steering Committee Report*. Rapport MMSL 97-112(CF), 1997.

Membres du Comité de direction. *CBCRL/CBDC Joint Collaborative Mining Research Program 41st Quarterly Steering Steering Committee Meeting*. Rapport MMSL 97-103(CF), 1997.

Membres du Comité de direction. *CANMET/CBDC Joint Collaborative Mining Research Program 42nd Quarterly Steering Steering Committee Report Committee*. Rapport MMSL 97-105(CF), 1997.

Membres du Comité de direction. *CANMET/CBDC Joint Collaborative Mining Research Program, 44th Quarterly Steering Committee, Completion Report*. Rapport MMSL 98-111(CF), 1998.

Young, D. *Methane and Ventilation Studies in Coal Mining in the Sydney Coalfield, Nova Scotia*. Rapport MMSL 98-110(CF), 1998.

Young, D. et Chipman, D. *Optimal Smoke/CO Sensor Location for Detecting Fires in Underground Coal Mines using Tracer Gas Techniques - 3 Drive, 3 Deep, Prince Colliery, N.S.* Rapport MMSL 97-113(CF), 1997.

Mine Mechanization and Automation

Colloque sur la recherche et l'innovation dans l'exploitation des mines, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Rouyn-Noranda, 29 et 30 octobre 1998 :

- Desrivières, G. "Les systèmes de vision en souterrain", pp 155-160.
- Gaëtan, R., Lengwenus, M. (EPB Blasting) et Malkiewicz, T. (Hydro Ontario). "Sautage par pulsation électrique", pp 333-350.
- Laflamme, M. "Grillages en polymère et en acier: études comparatives", pp 141-154.
- Laflamme, M. "Hydrolification des opérations minières souterraines", pp 275-284.
- Laflamme, M., Lambert, L. et LeBlanc, G. "Banc d'essais pour foreuse portative", pp 135-140.

Laflamme, Marcel et Fecteau, Jean-Marie. "Mécanisation du soutirage/lavage du minerai en chantiers chambres magasins". Jours de sécurité de l'AMQ, Val-d'Or, 17 et 18 septembre 1996.

Laflamme, Marcel. "Grillages en polymère et en acier". 12e Colloque en contrôle de terrain de l'Association minière du Québec, Val-d'Or, 25 et 26 mars 1997 :

- Laganière, M. "Conception et mise en service d'un robot moniteur", pp 285-292.
- Lambert, L. "Système de localisation et de prise de tonnage automatique du minerai", pp 125-134.
- LeBlanc, G. "Essais de fonçage de monteries ascendantes avec la foreuse Roger V-30", pp 95-106.
- LeBlanc, G. "Performance des marteaux fond de trous actionnés à l'eau", pp 107-118.
- LeBlanc, G. "Raclage automatisé", pp 119-124.

Environnement minier souterrain

Publié dans *Proc. 6th International Mine Ventilation Congress*, 17-22 mai 1997, Pittsburgh, Pennsylvanie, États-Unis :

- Grenier, M., Vergunst, J., Gardiner, E. et Hardcastle, S. "Evaluation of a Self-Contained Air Supply System for Underground Mine Refuge Stations".
- Grenier, M. et Gangal, M. "Sampling and Analysis for Exposure to Diesel Exhaust Particulate in the Mining Workplace".
- Hardcastle, S., Dasys, A. et Leung, E. "Integrated Mine Ventilation Management Systems".

Arjang, B. *Database on Canadian Crustal Stresses from Direct and Indirect Measurements*. Rapport de division LMSM 97-032 (TR). Août 1997.

Arjang, B. *Handbook on Ground Stress Determination Techniques*. Rapport LMSM 96-050 (SP). Mars 1997.

Arjang, B. et Herget, G. "In-situ Ground Stresses in the Canadian Hardrock Mines: An Update". *Proceedings 36th U.S. Rock Mech. Symp.* 29 juillet 1997 et *Int. J. Rock Mech.& Min. Sci.* 34(3-4), document no 015.

Côté, M. et Plouffe, M. *Analyse préliminaire de la séismicité - Mine Sigma, Val-d'Or (Québec), octobre 1996 - juin 1997*. Rapport commercial LMSM 98-004(RC), CANMET, Ressources naturelles Canada, 1998.

Côté, M. et Plouffe, M. *Analyse préliminaire de la séismicité - Mine Sigma, Val-d'Or (Québec), juillet - décembre 1997*. Rapport commercial LMSM98-005(RC), CANMET, Ressources naturelles Canada, 1998.

Gangal, M. et Leprince, T. *In-Mine Diesel Particulate Filter Study at Mine Bousquet*. Exposé présenté à la direction de la mine Bousquet, mars 1998.

Grenier, M. et Gangal, M. "Diesel Emissions Control in Mining – Broad Based Solutions for a Unique Challenge". Présenté à la *ONRSA Mining Health and Safety Conference*, mai 1998.

Grenier, M., Gangal, M., Hardcastle, S. et Dainty, D. *Répertoire des techniques et technologies de contrôle des émissions des moteurs diesel en milieu minier*. Rapport d'étude financée par l'IRSST, octobre 1997.

Grenier, M. et Bonnell, G. "Diesel Particulate Matter Measurement". Présenté à la *ONRSA Mining Health and Safety Conference*, mai 1997.

Labrie, D. *Caractérisation et instrumentation de trois structures minières à la mine Sigma*. Rapport LMSM 97-020 (RC), CANMET, Ressources naturelles Canada, Ottawa, 30 p. + an.

Priscu, D. *Deterministic Study of Mining Induced Seismicity in Quebec Mines*. Rapport de division LMSM 98-XXX(TR), CANMET, Ressources naturelles Canada, 1998 (ébauche).

Talebi, S., Boone, T.J. et Eastwood, J."Microseismic Monitoring of Water Injection Operations in an Oil Field". *Proc. 67th Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists (SEG)*, 2-7 novembre 1997, Dallas, Texas, pp. 854-857.

Talebi, S. "S-Wave Attenuation Measurements in a Deep Hard-Rock Mine". *Preprints of the 69th Annual Meeting of the Eastern Section of the Seismological Society of America (ESSSA)*, 5-8 octobre 1997.

Talebi, S. et Boone, T.J. "Characterizing Microseismicity Associated with Water Injection in an Oil Field". *Preprints of the 69th Annual Meeting of the Eastern Section of the Seismological Society of America (ESSSA)*, 5-8 octobre 1997.

Talebi, S. Mottahed, P. et Pritchard, C. "Monitoring Seismicity in Some Mining Camps of Ontario and Quebec". *Proc. 4th International Symposium on Rockbursts and Seismicity in Mines*, 11-14 août 1997, Cracovie, Pologne, pp. 117-120.

Talebi, S. *Seismicity Associated with Mines, Reservoirs and Fluid Injections*. Livre publié par Birkhauser Verlag, Boston, 1997. ISBN 0-8176-5878-5, S. Talebi, dir.

Talebi, S. *Sensor Orientation and System Calibration at the Cold Lake Oil Field*. CANMET, rapport présenté à un client. LMSM 97-070 (CR), pp 36.

Talebi, S. *Seismic Source Parameter Determination*. CANMET, rapport présenté à un client. LMSM 97-048 (CR), pp 35.

Talebi, S. "Seismicity Associated with Mines, Reservoirs and Fluid Injections". Édition spéciale du *Journal of Pure and Applied Geophysics*, vol.150, nos 3-4, pages 379-720, 1997.

Vance, J.B., Talebi, S. et Forrester, D. "Some Current Canadian Softrock Contributions to Microseismic Technology". *Third Rock Mechanics and Ground Control Workshop*, Canadian Institue of Mining, Metallurgy and Petroleum, Montréal (Québec), octobre 1997.

Vance, J.B., Plouffe, M.F. et Mottahed, P. "Applications des dernières techniques microsismiques et besoins futurs". *Colloque sur la recherche et l'inovation dans l'exploitation des mines*, Gouvernement du Québec, vol. 3, octobre 1997.